



**Universidad Polit cnica de Catalunya**  
**Escuela Polit cnica Superior de Edificación de Barcelona**

**Estudio comparativo de evaluación de alternativas  
en pavimentos interiores mediante criterios  
sostenibles en su eventual generación de residuos.**

---

**PROYECTO FINAL DE MASTER**  
**Máster en Ingeniería de la edificación**

---

**Autor: Arq. Doriana Lorenzo**

**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

---





**Universitat Politècnica de Catalunya  
Barcelona School of Building Construction**

**Comparative study to evaluate alternatives of  
indoor flooring through sustainable criteria in  
their eventual waste generation.**

---

**MASTER FINAL PROJECT  
Master's degree in Building Construction  
Engineering**

---

**Author: Arq. Doriana Lorenzo**

**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

---





La obra se distribuye bajo los términos y condiciones de la presente licencia pública de **Creative Commons** ("ccpl" o "licencia"). La obra está protegida por la ley del derecho de autor y/o por cualquier otra ley que resulte aplicable. Cualquier uso distinto del autorizado por la presente licencia o por la ley del derecho de autor está prohibido.

Se entiende que por el mero ejercicio de cualquiera de los derechos aquí previstos sobre la obra, usted acepta y se obliga bajo los términos y condiciones de la presente licencia. El licenciante le otorga los derechos aquí descritos considerando la aceptación por su parte de dichos términos y condiciones.



## INDICE DE LA MEMORIA

RESUMEN .....	17
ABSTRACT .....	19
<b>1. ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>21</b>
1.1. Alcance.....	21
1.2. Objetivos .....	21
1.3. Justificación.....	22
1.4. Metodología.....	23
<b>2. RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION (RCD).....</b>	<b>25</b>
2.1. Antecedentes.....	25
2.2. Definición de RCD .....	27
2.3. Clasificación .....	29
2.4. Impactos de los RCD.....	31
2.5. Residuos De Construcción y Demolición (RCD) y la situación en España .....	33
2.6. Situación en República Dominicana .....	37
<b>3. GESTION DE RESIDUOS .....</b>	<b>41</b>
3.1. Jerarquía de gestión de residuos.....	41
3.2. Medidas para el control de los RCD .....	42
3.3. Clasificación de las fases de una obra según los RCD generados .....	43
3.4. Simulación y comparación de residuos.....	46
<b>4. MINIMIZACION DE RESIDUOS .....</b>	<b>51</b>
4.1. Medidas de minimización.....	51
<b>5. CONSTRUCCION INTERIOR.....</b>	<b>55</b>
5.1. Definición de pavimento .....	56
5.2. Características necesarias para un pavimento .....	56
5.3. Clasificación .....	58
5.4. Materiales.....	61

5.5.	Técnicas de pavimentos .....	65
5.6.	Situaciones de servicio .....	66
5.7.	Normativa .....	66
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO .....</b>	<b>69</b>
6.1.	Descripción del caso de estudio .....	69
6.2.	Materiales seleccionados .....	74
6.3.	Generador de precios, España (CYPE Ingenieros).....	81
6.4.	Programa informático de simulación de residuos Net Waste Tool (NWT) .....	92
6.5.	Informes obtenidos, análisis y comparación de datos .....	125
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>173</b>
7.1.	Generales.....	173
7.2.	Específicas .....	173
7.3.	Personales .....	176
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>179</b>



## INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Proceso en una planta de tratamiento de RCD
- Figura 2: Fases de origen de los RCD en la construcción
- Figura 3: Modelo catalán de residuos de la construcción
- Figura 4: Volumen de los RCD en Cataluña
- Figura 5: Toneladas de los RCD generados en Cataluña entre 1997-2001
- Figura 6: Capas de los pavimentos sintéticos
- Figura 7: Acabado flameado
- Figura 8: Acabado Abujardado
- Figura 9: Ubicación del edificio Córcega 517
- Figura 10: Superficie del lote veintidós.
- Figura 11: Emplazamiento del lote
- Figura 12: Distribución esquemática de las viviendas de Entrepiso hasta el Ático
- Figura 13: Alzado esquemático del edificio
- Figura 14: Terrazo de grano fino
- Figura 15: Terrazo de grano medio
- Figura 16: Terrazo de grano grueso
- Figura 17: Desglose de los pavimentos en el generador de precios. España
- Figura 18: Opciones que definen un metro cuadrado de solado de terrazo.
- Figura 19: Material de colocación de la baldosa de terrazo
- Figura 20: Material de rejuntado de la baldosa de terrazo
- Figura 21: Opciones generales que definen un metro cuadrado de pavimento de baldosas cerámicas.
- Figura 22: Tipos de pavimentos y materiales de colocación para el pavimento de baldosas cerámicas.
- Figura 23: Material de rejuntado para el pavimento de baldosas cerámicas.
- Figura 24: Opciones generales que definen un metro cuadrado de pavimento de piedra natural.
- Figura 25: Materiales de colocación y rejuntado del pavimento de piedra natural.
- Figura 26: Pasos para acceder a la herramienta.
- Figura 27: Opciones en la página "My Projects" para crear un nuevo proyecto
- Figura 28: Opciones en la página "Add new project" para crear un nuevo proyecto
- Figura 29: Secciones de la ventana "Project details"
- Figura 30: Sección 1 (Detalles generales del proyecto) en la ventana "Project details"
- Figura 31: Sección 2 (Programación del proyecto) en la ventana "Project details"
- Figura 32: Sección 3 (Cantidades del proyecto) en la ventana "Project details"
- Figura 33: Proyectos creados a analizar y comparar.
- Figura 34: Opciones de la pantalla de inicio de cada proyecto
- Figura 35: Página de inicio de los proyectos en la herramienta NW.
- Figura 36: Estructura de la página "Add and edit components"

Figura 37: Opciones para añadir y modificar un componente.

Figura 38: Ventana para editar un componente

Figura 39: Categorías de elementos e Información adicional del componente.

Figura 40: Elementos, Sub-elementos y componentes de la herramienta.

Figura 41: Selección del elemento de la construcción a modificar.

Figura 42: Ventana de los datos básicos del componente en la herramienta.

Figura 43: Partida de pavimento de baldosas de terrazo generada en CYPE

Figura 44: Partida de pavimento de baldosas cerámicas de gres rustico generada en CYPE

Figura 45: Partida de pavimento de baldosas de granito nacional generada en CYPE

Figura 46: Esquema de un metro cuadrado de pavimento de baldosas de terrazo

Figura 47: Esquema de un metro cuadrado de pavimento de baldosas cerámicas de gres rustico.

Figura 48: Esquema de un metro cuadrado de pavimento de baldosas de granito nacional.

Figura 49: Ventana del contenido de reciclado del componente en la herramienta

Figura 50: Ventana de desperdicios del componente en la herramienta.

Figura 51: Gestión de proyectos – generar reportes

Figura 52: Informes de los residuos del proyecto

Figura 53: Relación de los parámetros de homogeneización normalizados.

Figura 54: Relación de los parámetros de homogeneización normalizados (Tamaño de baldosa y cantidad de baldosas por un metro cuadrado de pavimento)

Figura 55: Relación de los parámetros de homogeneización normalizados (Coste de construcción)

Figura 56: Valor de los residuos normalizados.

Figura 57: Valor de los residuos normalizados (Parámetro de homogeneización: Coste de construcción). Fuente: Elaboración propia

Figura 58: Porcentajes parciales de cada tipo de residuo Proyecto 1

Figura 59: Porcentajes parciales de cada tipo de residuo. Proyecto 2

Figura 60: Porcentajes parciales de cada tipo de residuo. Proyecto 3

Figura 61: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) según el tamaño de la baldosa ( $M^2$ )

Figura 62: Comparación de los tipos de residuos en volumen ( $M^3$ ) según el tamaño de la baldosa ( $M^2$ )

Figura 63: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) y volumen ( $M^3$ ) según el tamaño de la baldosa ( $M^2$ )

Figura 64: Comparación de los tipos de residuos en coste (€) según el tamaño de la baldosa ( $M^2$ )

Figura 65: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) según el coste total de construcción (€)

Figura 66: Comparación de los tipos de residuos en volumen ( $M^3$ ) según el coste total de construcción (€)

Figura 67: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) y volumen ( $M^3$ ) según el coste total de construcción (€)

Figura 68: Comparación de los tipos de residuos en coste (€) según el coste total de construcción (€)

Figura 69: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/M<sup>2</sup>)

Figura 70: Comparación de los tipos de residuos en volumen (M<sup>3</sup>) según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/M<sup>2</sup>)

Figura 71: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) y volumen (M<sup>3</sup>) según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/M<sup>2</sup>)

Figura 72: Comparación de los tipos de residuos en coste (€) según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/M<sup>2</sup>)

Figura 73: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) según espesor del mortero como material de agarre (M)

Figura 74: Comparación de los tipos de residuos en volumen (M<sup>3</sup>) según espesor del mortero como material de agarre (M)

Figura 75: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) y volumen (M<sup>3</sup>) según espesor del mortero como material de agarre (M)

Figura 76: Comparación de los tipos de residuos en coste (€) según espesor del mortero como material de agarre (M)

**Autor: Arq. Doriana Lorenzo**  
**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

## INDICE DE TABLAS

*Tabla 1: Elementos contaminantes y afectaciones.*

Tabla 2: Procedencia de los Residuos de la Construcción y Demolición.

*Tabla 3: Clasificación de las fases de obra*

*Tabla 4: Elementos del interior de una obra*

*Tabla 5: Tipos de pavimentos y su clasificación*

*Tabla 6: Clasificación de las baldosas cerámicas*

*Tabla 7: Tipos de baldosas cerámicas*

Tabla 8: Características de los tipos de piedra

Tabla 9: Clasificación de los suelos según su resbaladidad

Tabla 10: Clase de suelos en función de su localización

Tabla 11: Suelos que se consideran seguros

*Tabla 12: Superficies en metros cuadrados de los espacios interiores de las viviendas de entresuelo.*

*Tabla 13: Superficies en metros cuadrados de los espacios interiores de las viviendas desde planta primera hasta sexta.*

*Tabla 14: Superficies en metros cuadrados de los espacios interiores de las viviendas del ático*

*Tabla 15: Superficies en metros cuadrados de los espacios interiores de las viviendas del sobreático*

*Tabla 16: Total de superficie en metros cuadrados*

*Tabla 17: Métodos de colocación de las baldosas de terrazo*

Tabla 18: Pavimento de baldosas de terrazo

Tabla 19: Descripción y precio de los materiales en la partida del pavimento de baldosas de terrazo.

Tabla 20: Pavimento de baldosa cerámica con mortero de cemento como material de agarre.

Tabla 21: Descripción y precio de los materiales en la partida del pavimento de baldosas cerámicas.

Tabla 22: Pavimento de piedra natural con mortero de cemento como material de agarre.

Tabla 23: Descripción y precio de los materiales en la partida del pavimento de piedra natural.

Tabla 24: Alternativas para crear un nuevo proyecto

Tabla 25: Proyectos creados a analizar.

Tabla 26: Información básica del componente

Tabla 27: Datos básicos de los componentes de los proyectos creados

Tabla 28: Cálculo del precio y porcentaje de materiales

Tabla 29: Dimensiones del componente de cada proyecto

Tabla 30: Densidades de materiales

Tabla 31: Cálculo de la densidad total del componente del proyecto 1: Pavimento de baldosas de terrazo

Tabla 32: Cálculo de la densidad total del componente del proyecto 2: Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico

Tabla 33: Cálculo de la densidad total del componente del proyecto 3: Pavimento con baldosas de granito nacional

Tabla 34: Contenido de reciclado

Tabla 35: Tasas de desperdicio de los materiales de los componentes de estudio

Tabla 36: Residuos del empaque de materiales

Tabla 37: Clasificación de los materiales del proyecto 1 "Pavimento de baldosas de terrazo" según el CER

Tabla 38: Clasificación de los materiales del proyecto 2 "Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico" según el CER

Tabla 39: Clasificación de los materiales del proyecto 2 "Pavimento de baldosas de granito" según el CER

Tabla 40: Contenido de Reciclado y Residuos Generados

Tabla 41: Contenido de Reciclado y Residuos Generados

Tabla 42: Contenido de Reciclado y Residuos Generados

Tabla 43: Datos principales

Tabla 44: Datos principales

Tabla 45: Datos principales

Tabla 46: Proyectos analizados

Tabla 47: Valor de los materiales (€) PROYECTO 1

Tabla 48: Valor de los materiales (€) PROYECTO 2

Tabla 49: Valor de los materiales (€) PROYECTO 3

Tabla 50: Rendimientos. PROYECTO 1

Tabla 51: Rendimientos. PROYECTO 2

Tabla 52: Rendimientos. PROYECTO 3

Tabla 53: Coste total de reciclaje de los proyectos analizados

Tabla 54: Representación de los residuos y embalajes. PROYECTO 1

Tabla 55: Representación de los residuos y embalajes. PROYECTO 2

Tabla 56: Representación de los residuos y embalajes. PROYECTO 3

Tabla 57: Costes de los proyectos

Tabla 58: Costes del reciclaje de materiales

Tabla 59: Resumen de los resultados

Tabla 60: Parámetros de homogeneización

Tabla 61: Residuos normalizados según el tamaño de la baldosa y el costo de construcción del proyecto

Tabla 62: Residuos normalizados según la cantidad de baldosas por metro cuadrado y el espesor de mortero como material de agarre

Tabla 63: Concentrado de los promedios de los residuos normalizados (toneladas y metros cúbicos)

Tabla 64: Concentrado de los promedios de los valores de residuos normalizados

Tabla 65: Residuos generados por tipo de material. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tabla 66: Residuos generados por tipo de material. Proyecto 2 - Pavimento de baldosas cerámicas de gres rustico.

Tabla 67: Residuos generados por tipo de material. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tabla 68: Porcentaje parciales de cada tipo de residuo en base al CER. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tabla 69: Porcentaje parciales de cada tipo de residuo en base al CER. Proyecto 2 - Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico

Tabla 70: Porcentaje parciales de cada tipo de residuo en base al CER Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tabla 71: Reducción de los residuos aplicando una gestión deseada sobre la estándar

Tabla 72: Parámetros de homogeneización

Tabla 73: Normalización de cada tipo de residuo según el tamaño de baldosa. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tabla 74: Normalización de cada tipo de residuo según el costo de construcción. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tabla 75: Normalización de cada tipo de residuo según la cantidad de baldosas por metro cuadrado. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tabla 76: Normalización de cada tipo de residuo según el espesor del mortero. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tabla 77: Normalización de cada tipo de residuo según el tamaño de baldosa. Proyecto 2 - Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico.

Tabla 78: Normalización de cada tipo de residuo según el costo de construcción. Proyecto 2 - Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico.

Tabla 79: Normalización de cada tipo de residuo según la cantidad de baldosas por metro cuadrado. Proyecto 2 - Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico.

Tabla 80: Normalización de cada tipo de residuo según el espesor del mortero. Proyecto 2 - Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico.

Tabla 81: Normalización de cada tipo de residuo según el tamaño de baldosa. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tabla 82: Normalización de cada tipo de residuo según el costo de construcción. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tabla 83: Normalización de cada tipo de residuo según la cantidad de baldosas por metro cuadrado. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tabla 84: Normalización de cada tipo de residuo según el espesor del mortero. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tabla 85: Residuos totales de los proyectos según el tamaño de baldosa

Tabla 86: Residuos totales de los proyectos según el costo de construcción

Tabla 87: Residuos totales de los proyectos según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento.

Tabla 88: Residuos totales de los proyectos según el espesor del mortero.

**Autor: Arq. Doriana Lorenzo**  
**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**



## RESUMEN

En la actualidad uno de los mayores problemas que enfrenta el mundo es la generación de residuos y su acumulación en vertederos, en específico los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) provenientes la industria de la Construcción. Dicha acción está compuesta de diferentes fases, dentro de la que se encuentra la ejecución de los pavimentos, uno de los elementos que mayor superficie abarca en una obra y por lo tanto considerado uno de los mayores causantes de la generación de RCD (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010)

Por esta razón en este proyecto final de master se analizan, comparan y cuantifican los residuos generados al ejecutar tres partidas de pavimento interior con diferentes materiales en una construcción, con la finalidad de identificar cual genera más residuos. Las tres partidas de pavimentos analizadas son aplicadas a un mismo caso de estudio de 2341 metros cuadrados en área de superficie total ubicado en Barcelona, estas partidas son: Pavimento de Baldosas de terrazo llamado proyecto uno, pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico llamado proyecto dos y pavimento de baldosas de granito nacional llamado proyecto tres.

La investigación y obtención de datos se ha estructurado de la siguiente forma: primero se definen el alcance y objetivos del trabajo, la justificación y la metodología empleada; y en los siguientes capítulos (dos al cuatro) se definen términos como los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD), gestión y Minimización de residuos.

Luego de la definición de términos, el capítulo cinco se enfoca al elemento de análisis de la construcción (pavimento interior), las características necesarias que debe cumplir este ante su instalación, la clasificación y materiales existentes, etc., considerando este apartado una introducción al capítulo seis donde se describe el caso de estudio y los materiales de pavimento seleccionados a partir de la investigación basada en el capítulo cinco; en este mismo apartado seis se especifican las partidas obtenidas del Generador de precios, España de CYPE Ingenieros a partir de los materiales seleccionados y se explica la herramienta en línea Net Waste Tools utilizada para la simulación de residuos de las partidas de

pavimentos en el caso de estudio, a la vez que se analizan los resultados obtenidos y se realizan las tablas y gráficos que permiten la comparación de los datos que llevarán a las conclusiones y a determinar el objetivo del trabajo.

En la herramienta NWT se introducen las tres partidas de pavimentos obtenidas en el Generador de precios España de CYPE Ingenieros y sus parámetros medioambientales y de gestión de residuos como densidades, contenido de reciclado, porcentaje de residuos, etc. Una vez introducidos todos los datos se generan los reportes en masa (toneladas), volumen (metros cúbicos) y coste (euros) de los proyectos con diversas tablas para cada una de las partidas analizadas.

Luego de obtenidos estos datos se analizan los diferentes resultados y se realiza la comparación de estas partidas con parámetros de homogenización como el costo de construcción, espesor de mortero de cemento (Material de agarre), cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento, etc.

Y a partir de este análisis se determina que partida de pavimento interior de las tres analizadas es la más sostenible frente a la generación de residuos de una construcción y cuál es el material que mayores residuos genera.

**Palabras Claves:** Residuos de la Construcción y Demolición (RCD), Gestión de residuos, Minimización de residuos, pavimento interior, generador de precios, CYPE Ingenieros, partidas, Herramienta Net Waste Tools.

## ABSTRACT

Currently one of the biggest problems facing the world is the generation of wastes and their accumulation in landfills, specifically the waste construction and demolition (RCD) from the construction industry. This action consists of different phases, within which is the execution of pavements, one element that occupies major surface in a work and therefore considered one of the major causes of the generation of RCD (De Santos Marián, Monercillo Delgado & Garcia Martinez, 2010)

Therefore this final project master is to analyze, compare and quantify the waste generated by running three games indoor flooring with different materials in construction, with the aim of identifying which generates more waste. The three items pavement analyzed are applied to the same study case of 2341 square meters in total surface area located in Barcelona, these items are: Paving Terrazzo tiles called project one, floor ceramic rustic tiles called project two, and national floor tile granite project, called three.

Research and data collection is structured as follows: first the scope and objectives of the work, the justification and the methodology used are defined; and in the following chapters (2 to 4) terms such as waste construction and demolition (RCD), management and waste minimization are defined.

After defining terms, chapter five focuses on the element of construction analysis (interior pavement), the necessary features to fulfill this before installation, the existing classification and materials, etc., considering an introduction to this section chapter six where the study case and pavement materials selected from research based on chapter five describes; in this section items obtained from the generator prices, Spain CYPE Engineers specified from the selected materials and the online tool Net Waste Tools used for the simulation of residues of heading pavement in the study case, while the results are analyzed and tables and graphs that allow comparison of data that would lead to the conclusions and determine the purpose of the work.

In the NWT tool introduces the three items obtained in the generator of prices Spain CYPE Engineers and environmental parameters and waste management as

density, recycled content, percentage of waste are introduced, etc. Once is introduced all the data is generated reports mass (tons), volume (cubic meters) and cost (euros) of projects with different tables for each of the items analyzed.

After these data obtained different results are analyzed and compared with parameters of these items homogenization as the cost of construction, thick cement mortar (bonding material), number of tiles per square meter of pavement, etc.

And from this analysis it is determined which of the three analyzed of interior pavement is the most sustainable against the generation of waste from construction and what is the material that generates more waste.

Keywords: Waste from construction and demolition (RCD), waste management, waste minimization, interior flooring, generator prices, CYPE, Net Waste Tools.

# 1. ASPECTOS GENERALES

---

Como aspectos generales se definen a continuación el alcance, los objetivos, la justificación y la metodología aplicada al trabajo.

## 1.1. Alcance

Diagnosticar que material de pavimento interior es factible para el medioambiente frente a la generación de residuos y necesidades de los usuarios de una vivienda se ha convertido en el alcance de este trabajo, considerando que el pavimento como elemento interior de una obra es uno de los acabados que abarca mayor área en superficie y por ende uno de los causantes de la generación de residuos en la construcción; en este orden se analizarán datos a través de una simulación de residuos de al menos tres alternativas existentes de pavimentos interiores en el mercado europeo, específicamente España, considerando el factor transporte, desde la perspectiva de generación de residuos en su etapa de construcción y eventual demolición y que a su vez cumplan con la normativa establecida para los distintos espacios de una vivienda.

Durante el desarrollo de la investigación teórica, análisis de las distintas alternativas del mercado y simulación de éstas, se espera obtener resultados que lleven a establecer medidas o conclusiones que ayuden a minimizar los residuos que se puedan generar en la construcción durante esta fase inicial de diseño o proyecto.

## 1.2. Objetivos

Como propósito de esta investigación se plantea un objetivo general y otros específicos que definen la finalidad y el alcance de este proyecto:

### Objetivo General

- Comparar diferentes tipos de pavimentos interiores existentes en el mercado español desde la perspectiva de generación de residuos en su

etapa de construcción y eventual demolición, identificando el más sostenible.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el volumen de residuos que generan cada uno de los tipos de los pavimentos interiores en el mercado español.
- Analizar diferentes tipos de pavimentos mediante un programa de simulación de residuos.
- Evaluar las variables obtenidas en el análisis del programa.
- Lograr una adecuada gestión de residuos bajo conocimientos previos de los diferentes materiales de pavimentos interiores.

### **1.3. Justificación**

La sociedad actualmente se encuentra sumergida bajo grandes volúmenes de residuos generados de forma incontrolable por una de las industrias más grandes a nivel mundial como lo es la construcción y demolición, un problema bajo investigación por muchos expertos en la actualidad, los cuales proponen e implementan en algunos casos alternativas como una adecuada gestión de residuos bajo conocimientos previos que podría en un futuro poner un límite a esta problemática.

Esto se debe al aumento de población y la demanda nuevos espacios donde habitar, es decir, la sociedad por sí misma de forma ilimitada exige nuevas remodelaciones y construcciones que conlleva a la extracción de materiales, su eventual generación de residuos y su acumulación en vertederos, en casos de no plantear una adecuada gestión.

De una forma u otra, se generarán residuos en cualquier actividad realizada por el hombre, pero si se plantean alternativas iniciales y programadas estos residuos pueden llegar a pasar de desechos a materia prima para generar nuevos materiales, por dicha razón, se plantea la cuestionante de ¿porque no tener conocimientos de los materiales que generan la menor cantidad de residuos utilizados en cada uno de los elementos de una obra (cimientos, tabiques, acabados, etc.) desde el proceso del diseño?

Si se establece una lista de estos materiales por elemento que conforman una obra cabe la posibilidad de tener un control inicial de los residuos desde la obtención de los materiales, transporte, ejecución hasta la demolición al final de la vida útil del edificio, ya que la construcción aporta calidad de vida para las personas pero representa una carga ambiental para el entorno y sus habitantes por la generación de grandes volúmenes de residuos.

Esta situación, exige el estudio de nuevas alternativas que contribuyan a minimizar la cantidad de residuos, ya que la cantidad de construcciones y remodelación va en ascenso. Estas alternativas deben surgir de un estudio y aporte de información sobre la cantidad de residuos generados a partir de distintos materiales, por dicha razón, este trabajo se enfoca a la investigación y análisis de los diferentes materiales de pavimentos interiores y de los residuos que pudiera generar en caso de su demolición, al ser estos uno de los elementos que forman parte de los acabados de una construcción, y que abarcan todos los espacios de una obra, es decir, la mayor área en superficie de una construcción.

#### **1.4. Metodología**

Como base de inicio de este trabajo se establece un conocimiento previo bajo la investigación de conceptos generales, antecedentes y situaciones actuales tanto en España como en la República Dominicana, estadísticas y desarrollos previos realizados para el sector de la construcción como mayor generador de residuos e impactos sobre el medioambiente y alternativas planteadas hasta el momento frente a una adecuada minimización y gestión de residuos.

Luego de desarrollar los conceptos generales, se puntualiza en un capítulo el tema que se desarrollará que es el de pavimento interior, sus características, y la selección planteada para someter a análisis y simulación. A partir de esta clasificación y análisis general de los pavimentos interiores en el mercado, se seleccionan las tres alternativas a analizar a partir de una similitud de características (densidad, terminación y función en obra, precios, etc.) y se obtienen sus variables estándar establecidas en las partidas del software informático para Arquitectura, Ingeniería y construcción (CYPE Ingenieros, 2016)

Como método cuantitativo para obtener los datos numéricos de la cantidad de residuos generados en una obra por cada una de las alternativas de material de pavimento interior seleccionada se utilizara el Software informático Net Waste Tool (NWT) del Programa de Acción de Residuos y Recursos (Waste & Resources Action Programme – WRAP), una herramienta en línea que calcula las posibles producciones de residuos en un proyecto de construcción y muestra cómo se puede mejorar el contenido de reciclado (WRAP, 2015)

A la vez, se selecciona un proyecto piloto con características reales (espacios, metros cuadrados, necesidades, etc.), información básica que requiere la herramienta para generar los datos a analizar y comparar, estos parámetros de metros cúbicos (M<sup>3</sup>) y toneladas (t) permitirán una comparación de qué material de pavimento es más factible frente a la generación de residuos en una construcción y desde el punto de vista sostenible, que unido a la técnica y a lo económico, permitirán a los técnicos alternativas de elección más óptimas.

Con los datos obtenidos se procederá a las conclusiones fundamentadas bajo el conocimiento obtenido en el marco de la investigación, recolección y análisis de datos.



## 2. RESIDUOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION (RCD)

---

Según la Ley 10/1998 del 21 de abril se define el residuo como cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprende o del que tenga la intención u obligación de desprenderse (Ferrando Sánchez & Granero Castro , 2007)

En el orden de la definición anterior (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010) plantean que los hábitos de “usar o tirar” son acciones que han caracterizado el mundo desde sus inicios, ya que es parte del desarrollo económico desechar lo que tiene un valor mínimo en el mercado porque se siguen produciendo nuevos productos que demandan grandes cantidades de materia prima, lo cual provoca impactos ambientales.

A consecuencia de esto, en los últimos años se ha optado por plantear diferentes métodos de recuperación de residuos y actividades relacionadas a la tecnología que dan valor a los materiales que se desechan, aprovechando más las materias primas y dando mejor uso a un material que no era viable; es decir, se plantea el hecho de que algo que no tenga utilidad para un usuario, no tiene por qué ser un residuo, sino que se puede convertir en materia prima secundaria.

### 2.1. Antecedentes

A partir de la década de los 70's aparecen los primeros informes y estudios que alertan el desequilibrio que existe entre la conservación de los recursos naturales y los modelos de desarrollo de la ciudad. Enfocando las publicaciones del momento en el modelo de crecimiento indefinido y los recursos naturales agotables que lo sustentan. Siendo posible alterar estas tendencias al crecimiento y establecer una estabilidad económica y ecológica que sea sostenible (Ferrando Sánchez & Granero Castro , 2007)

A lo largo de la historia, la reutilización y el reciclaje han sido acciones que se han planteado frente al abandono o vertido de residuos, pero el método más común y

factible para muchos ha sido la eliminación, creando acumulaciones de forma ordenada de materia que no se puede aprovechar.

Esta acumulación, uno de los principales problemas que enfrenta el mundo, forma parte del desarrollo actual de la sociedad, por lo que a mayor producción, mayor generación de residuos; desarrollo que engloba el crecimiento de la población y las grandes concentraciones urbanas en pocos kilómetros que producen desperdicios que van a los sistemas masivos de abastecimiento y saneamiento, una situación que con una adecuada segregación de residuos podría pasar de ser simples desechos a formar parte de los recursos necesarios para la producción (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010)

En este mismo sentido, (Ferrando Sánchez & Granero Castro , 2007) afirma que el consumismo y la moda de gastar ha sido el mayor incentivo para acumulación de residuos, destinando a vertederos productos que aunque funcionen mecánicamente ya pasaron de moda, considerando el consumo junto a la publicidad, los factores que impulsan el desarrollo económico actualmente en el mundo.

Aplicando este concepto a la construcción, se puede decir que la nueva tecnología para extracción masiva de materia prima, su uso durante un periodo limitado y el posterior vertido de los residuos a los vertederos sin ninguna garantía de su reutilización, es la otra cara del desarrollo económico, es decir que la acción de usar y tirar no se queda en una mercancía que paso de moda sino que también se aplica a la edificación y a la obra civil.

En referencia a esto (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010) afirma que el nuevo enfoque de sensibilidad y conciencia social, ambiental y sostenible ha dejado ver que este modelo de desarrollo económico implementado es rentable solo a corto plazo, ya que a medio y largo plazo las consecuencias son mayores que las ganancias.

Estos desechos generados por la industria de la construcción se denominan Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y surgen a partir de la Segunda Guerra Mundial acompañado de acontecimientos que incrementaban su volumen, como los bombardeos que creaban acumulaciones de escombros en las grandes ciudades europeas y la aparición de maquinarias pesadas modernas. Como

consecuencia de mover estos grandes volúmenes de materiales surgen los depósitos o vertederos de escombros, resaltando que para esta época sí se tenía conocimiento de las técnicas de reutilización y reciclaje, ya que la materia prima utilizada en la construcción de ese entonces (madera, ladrillo y piedra) era de gran valor para considerarla un desperdicio, por los esfuerzos que requería su extracción, fabricación y transporte, pero el volumen de estos materiales era exagerado en el momento frente a estos métodos.

Esta técnica de reciclaje de los residuos de construcción y demolición (RCD), según la entrevista realizada al Ing. Johan Put, Representante de EnviroChallenge - Management Consultants Environment, Strategy & Efficiency, se desarrolla en la industria europea por la escasa cantidad de materia prima virgen y el bajo coste de las materias primas secundarias, dependiendo de la cultura económica, por lo que países como Bélgica y los Países Bajos que tienen la tendencia al ahorro plantean el reciclaje, obteniendo nuevos recursos a partir de los residuos; considerando por otro lado que la alternativa más adecuada para crear un ciclo de construcción con materiales reciclados y productos finales óptimos es una demolición selectiva que evite factores que causen contaminación e industrias de demolición adecuadas que creen residuos limpios y materiales secundarios (Di Costa, 2005)

La implementación de este sistema se ha llevado a cabo en mucho lugares por las tarifas que se aplican, dada la prohibición existente para el vertido de materiales de demolición.

En los últimos años el mundo ha reflejado que otras alternativas frente a esta situación es la de plantear normas, conciencia en las empresas y actividades productivas para gestionar los residuos generados y reducir el consumo y utilización de recursos naturales como materia prima. Han surgido informes, convenciones, protestas cuyo objetivo no es más que despertar a la sociedad a la realidad de una situación preocupante sobre el consumo de los recursos naturales.

## **2.2. Definición de RCD**

La actividad mundial considerada común de mayor valor e importancia es la construcción, pero así mismo de importante, es la mayor generadora de residuos en el mundo.

Como consecuencia de esta actividad se generan los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) o escombros, material generado en construcciones y demoliciones de edificios de gran potencial para obtener áridos o materiales reciclados que varían según el origen, excepto tierras de excavación que se destinan a la reutilización inmediata o posterior en una obra (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010)

Estos materiales que componen los Residuos de construcción y demolición (RCD) proceden de:

- Canteras, graveras y otros puntos de extracción de áridos destinados a la construcción.
- Obras de construcción de nuevas edificaciones u obras civiles.
- Obras de rehabilitación o restauración de edificaciones u obras civiles.
- Obras y reformas domiciliarias de pequeñas dimensiones.
- Rechazos de fabricación de materiales destinados a la edificación o la obra civil.

Por otro lado, a pesar de que los RCD son un impacto al medioambiente en general, el interés por su uso en las nuevas edificaciones va en aumento, ya que la construcción es una de las actividades de la sociedad que requiere grandes volúmenes de materias primas y genera las mismas cantidades o más de desperdicios en el instante en el que el edificio llega al final de su vida útil, por lo tanto, este sector es uno de los más adecuados para fomentar el uso de residuos y subproductos industriales mejorando el problema ambiental que origina la eliminación y acumulación de éstos en los vertederos. En la figura uno se observa el proceso a seguir en una planta de tratamiento de RCD.

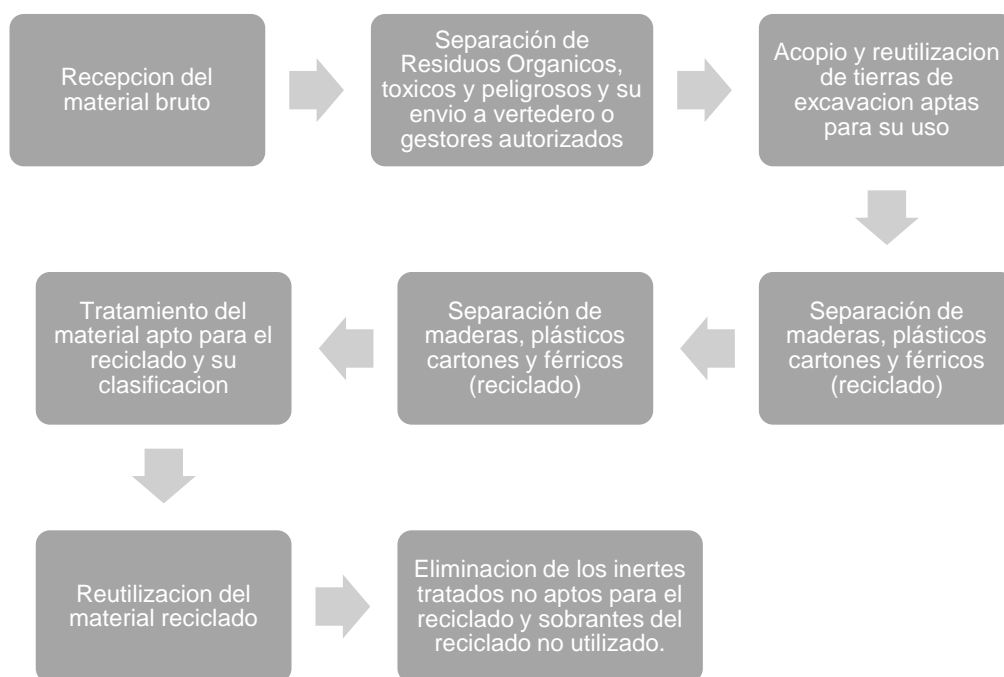


Figura 1: Proceso en una planta de tratamiento de RCD

Fuente: Elaboración propia a partir de (Di Costa, 2005)

### 2.3. Clasificación

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se clasifican según su origen o naturaleza. Resaltando que un adecuado proceso de reutilización, reciclado, valoración y vertido de residuos depende de conocer, diferenciar y clasificar los distintos residuos según su origen (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010) (Ferrando Sánchez & Granero Castro , 2007)

Según su origen, estos se clasifican en:

- ***Residuos procedentes de los puntos de extracción de áridos.***

Residuos limpios compuestos en su totalidad por materiales de origen pétreo, de naturaleza y granulometría variable.

- ***Residuos de construcción.***

Residuos cuyo setenta y cinco por ciento es de origen pétreo y cerámico (restos de hormigón y cerámicos procedentes de materiales rotos) y el veinticinco restante es una mezcla de residuos que va desde vidrio, madera, y papel, residuos peligrosos como disolventes, pinturas y metales como el

plomo hasta plásticos y papeles procedentes del empaquetado de los materiales de la obra.

- ***Residuos de demolición.***

Son residuos similares a los residuos de construcción en sus proporciones de escombros y otro tipo de residuos, pero diferentes por la mezcla que se producen entre unos y otros, es decir, mientras en una obra de construcción se puede separar restos cerámicos del papel o las armaduras del hormigón, en una obra de demolición es imposible, para poder efectuar su adecuada clasificación o separación se debe realizar una demolición selectiva, y aún así hay una fracción que no se puede reaprovechar causando más contaminación con estos residuos que con los de una obra de construcción.

Y otra diferencia de una obra de construcción, es que la cantidad de residuos generados puede aumentar ocho veces pero la proporción de residuos inertes se mantiene constante y cercana al setenta y cinco por ciento.

Según su naturaleza se clasifican en:

- ***Residuos inertes.***

Residuos no peligrosos puros procedentes de puntos de extracción de áridos o movimientos de tierra, es decir, que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas, ni perjudican la salud humana, ni contaminan el medioambiente.

- ***Residuos no peligrosos.***

Residuos que no presentan toxicidad en esencia pero pueden llegar a modificar de forma física, química y biológica otras sustancias convirtiéndolas en perjudiciales para el ser humano o contaminantes para el medioambiente.

- ***Residuos tóxicos y peligrosos.***

Residuos que contienen sustancias peligrosas o tóxicas para el ser humano y contaminantes para el medioambiente a tal grado que su recogida, clasificación en la legislación, traslado y manipulación la realizan gestores autorizados. A nivel global dentro de los RCD su volumen no es muy elevado pero su potencial tóxico contamina otros residuos como los inertes,

incrementando su volumen ante los gestores autorizados, lo que implica un mayor coste de gestión.

## 2.4. Impactos de los RCD

La producción de residuos se concentra en cuatro principales fases de la construcción, con un elemento en común entre la extracción de la materia prima, el procesamiento de esta, la construcción y demolición y el vertido que es el transporte con vehículos pesados que ocasionan ruidos y emiten químicos y CO<sub>2</sub> al medio ambiente, provocando la contaminación atmosférica, viéndose afectados el medio inerte, biótico y humano. En la siguiente figura dos se muestra el esquema general de las fases de la construcción que dan origen a los Residuos de Construcción y Demolición.

### FASES DE LA CONSTRUCCION

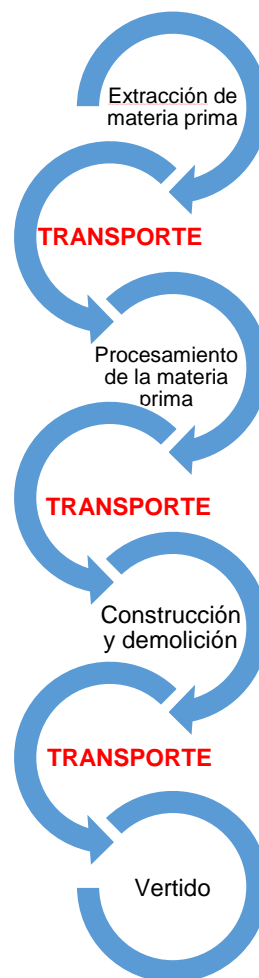


Figura 2: Fases de origen de los RCD en la construcción

Fuente: Elaboración propia a partir de (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010)

Cada una de las fases de la construcción, mencionadas en la figura anterior, están compuestas de acciones que causan impactos sobre un medio inerte, biótico y humano. En la siguiente tabla uno se clasifican y analizan cada uno de los impactos con la fase de la construcción que lo genera, la actividad que lo causa y que agente de los que nos rodea cumple la función de receptor de dicho impacto.

*Tabla 1: Elementos contaminantes y afectaciones.*

ACCION	IMPACTO	CAUSA	RECEPTOR
EXTRACCION DE MATERIA PRIMA	1. Consumo de recursos naturales y energía 2. Modificaciones geomorfológicas 3. Contaminación aguas subterráneas y ríos 4. Contaminación atmosfera.	1. Procesamiento y transporte de materias primas de la construcción. 2. Huecos que modifican la superficie del terreno. 3. Disolución de los RCD con el agua (lixiviados). 4. Extracción, proceso y transporte de la materia prima a la obra.	MEDIO INERTE
	5. Pérdida de hábitat animal y vegetal	5. Huecos de la extracción de gravas junto a los ríos.	MEDIO BIOTICO
	6. Pérdida de hábitat animal y vegetal 7. Ruidos y vibraciones por el tráfico. 8. Degradación del paisaje en entorno naturales	6. Huecos por la extracción de gravas junto a los ríos. 7. Transporte de la materia prima para fabricación de materiales de construcción. 8. Huecos sin rellenar al realizar la extracción de material	MEDIO HUMANO
CONSTRUCCION Y DEMOLICION	Contaminación aguas subterráneas y ríos	Disolución de los RCD con el agua (lixiviados)	MEDIO INERTE
VERTIDO	1. Contaminación aguas subterráneas y ríos 2. Contaminación de la atmosfera	1. Disolución de los RCD con el agua (lixiviados) 2. Transporte de los RCD	MEDIO INERTE
	3. Pérdida de hábitat 4. Pérdida de fertilidad de los suelos (sustancias minerales y microorganismos).	3. Ocupación de los suelos con vertederos 4. Acumulación de residuos	MEDIO BIOTICO
	1. Degradación de paisaje en entornos naturales y urbanos 2. Ocupación de suelos en entornos urbanos	1. Volumen por la acumulación de residuos en terrenos 2. Colocación de vertederos para RCD	MEDIO HUMANO

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010)

Luego de analizar y agrupar los datos de (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010) en la tabla uno, se determina que el mayor impacto negativo que puede producir los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) sobre el medio inerte, biótico y humano es la modificación del medio ambiente durante la extracción de áridos con los que se fabrican los materiales y su propia fabricación, y durante el periodo de vertido, consideradas acciones humanas de gran impacto ambiental.

Estos impactos negativos que producen los RCD a causa de las acciones humanas antes mencionadas tienen varios receptores, entre ellos: la naturaleza inerte, los seres vivos y los seres humanos.

Como medio inerte se considera el clima, la atmosfera, la geología y la hidrología, afectados por impactos como el consumo de recursos naturales y energía en la extracción, proceso y transporte de materiales de construcción; huecos que modifican la superficie del terreno en el proceso de extracción de áridos; y la



contaminación de aguas subterráneas al disolverse algunos RCD en el agua y convertirse en lixiviados, de ríos durante la fase de vertido y atmosférica durante la extracción, proceso y transporte de los materiales para la construcción o residuos.

Los impactos generados sobre el medio biótico o seres vivos (vegetación y fauna) son la pérdida de hábitat al extraer materias primas y al crear vertederos en los suelos habitados por animales y vegetación; y la pérdida de calidad de suelos por la acumulación de residuos, es decir, a medida que los suelos se ocupan de residuos pierden sustancias minerales y fertilidad, que no se recuperan aunque se retiren los mismos.

Y los impactos generados sobre el medio humano que provocan modificaciones socioeconómicas, de calidad ambiental, de calidad y presencia de patrimonio y de la percepción del paisaje son el ruido y las vibraciones del transporte de las materias primas para la fabricación de los materiales de construcción o de los residuos a los vertederos o plantas de tratamiento; degradación del paisaje en entornos naturales y urbanos al generar huecos en los procesos de extracción y crear volúmenes en el vertido; y la ocupación de terrenos destinados a otros usos al convertirlos en vertederos.

## **2.5. Residuos De Construcción y Demolición (RCD) y la situación en España**

La alta disponibilidad de áridos de buena calidad y a bajo precio, de suelos desocupados en zonas próximas a los puntos de generación de residuos que facilita el vertido y la ausencia de problemas sanitarios inmediatos por parte de estos residuos, son las situaciones que incrementan la producción de residuos y su vertido sin control en España.

Esta producción y vertido sin control coloca a España como el quinto país europeo en producción de RCD, ya que su volumen oscila entre dos y tres kilogramos por habitante por día, para un promedio anual de veinte millones de metros cúbicos de residuos, de los cuales solo se recicla el cinco por ciento, destinando el noventa y cinco por ciento restante a los vertederos, lo que genera grandes alteraciones al medioambiente y sus elementos (Di Costa, 2005) (Villoria Sáez, Del Río Merino, & San-Antonio-González)

Frente a este gran volumen (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010) afirma que una excusa para muchos es que a diferencia de los residuos orgánicos domésticos, los residuos de construcción no desprenden olores ni atraen grandes cantidades de parásitos, ni se degradan con rapidez, sin tomar en cuenta que la acumulación crea grandes volúmenes que afecta el aspecto visual y ambiental de la zona donde se produzca.

Esto ha provocado que las administraciones públicas europeas comenzaran a regular la gestión de estos residuos, y la agencia de residuos de Cataluña como caso particular, divide los ámbitos de actuación en tipos de residuos, planificación, prevención, recogida selectiva, valorización y reciclaje, tratamiento final, sensibilización, suelos contaminados y transporte. (Generalitat de Catalunya, 2007)

Dentro de los tipos de residuos se encuentran los escombros y residuos de construcción, considerados por (Generalitat de Catalunya, 2007) de gran potencial frente a los procesos de reutilización y el reciclaje por sus características. Debido a este potencial se ha creado un programa y un modelo de gestión específico para la prevención, el reciclaje y el impulso de los mercados de materiales reciclados, en el que se encuentran los siguientes apartados:

- ***Certificado de gestión de tierras, escombros y otros residuos de la construcción en instalación autorizada.***
- ***Declaración anual para gestores de residuos DARIG***, donde la DARIG es el documento con el que se recogen los datos de los residuos gestionados y producidos por cada centro de gestión en el periodo de un año.
- ***Planificación.***
- ***Instalaciones de gestión.***
- ***Estudio y plan de gestión de residuos de construcción y demolición***, el cual recoge las directrices que se concretan en obra mediante el Plan de Gestión de Residuos, identificando por medio de estas todas aquellas acciones de minimización a tener en consideración en la obra con el fin de prevenir la generación de residuos durante las fases de esta o reducir su producción.

- **Normas** sobre la deposición controlada de los residuos de la construcción establecida.
- **El modelo catalán de residuos de la construcción** que se fundamenta en las acciones de prevención, reutilización y valorización máxima de los residuos, establece el principio de responsabilidad del productor y plantea como objetivo reciclar el cincuenta por ciento de estos residuos para el 2012 (Figura 3)

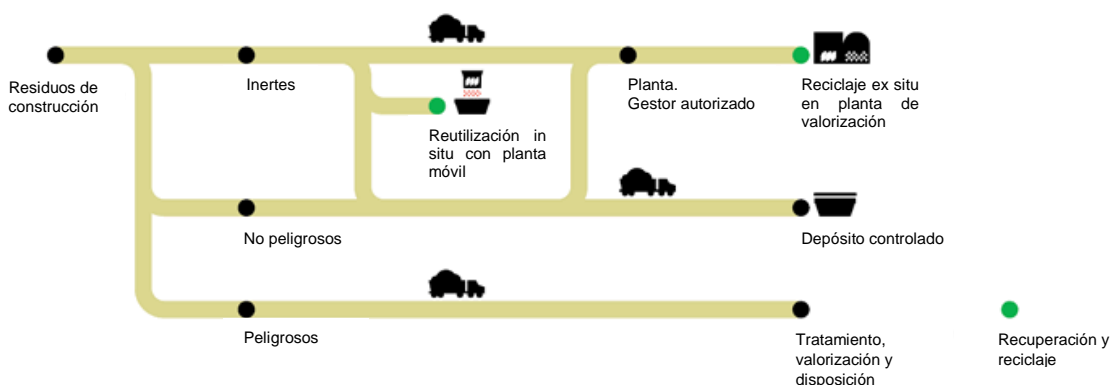


Figura 3: Modelo catalán de residuos de la construcción

Fuente: Agencia de residuos de Cataluña

Por otro lado, como parte del programa de residuos de la construcción en Cataluña se crea un proyecto de Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición llamado “*Escombro Limpio*” (Runa Neta), dentro del periodo 2001-2006, con el fin recoger e impulsar iniciativas promovidas por los agentes que participan de forma directa en la gestión de residuos como los técnicos, constructores, demoledores, fabricantes de materiales, transportistas, etc.,

Este proyecto en general se basa en la recogida selectiva de los diferentes grupos de residuos que se generan, tales como: residuos pétreos, donde entran los restos de cerámica y hormigón; residuos no peligrosos, considerados como la madera, plásticos, papel, cartón, metales, etc.; y residuos peligrosos, considerados como los envases sucios, aerosoles, fibrocementos, etc.

Este proyecto “*Escombro Limpio*” (Runa Neta), inicia en el 2002 analizando siete obras de construcción y tres de demolición, controlando 1.600 metros cúbicos de residuos generados y la construcción de 80.000 metros cuadrados para obtener datos del volumen de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que se

generan en Cataluña en torno a un año, datos a observar en la siguiente figura 4, donde se determina que el mayor volumen se centra en los residuos no peligrosos con un 64,5 por ciento, luego en los pétreos con un 33,5 por ciento, lo que confirma que la construcción es una de las mayores influencias para generar residuos. (Centro Catalán del reciclaje & Generalidad de Cataluña, 2002)

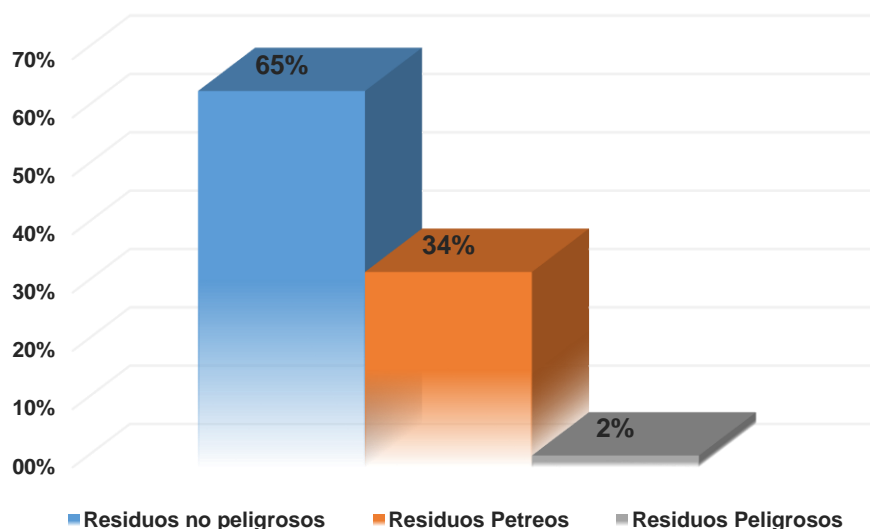


Figura 4: Volumen de los RCD en Cataluña

Fuente: Proyecto “Gestión de residuos de la construcción y demolición, Escombros Limpios”

Dentro del proyecto también se definen las toneladas de Residuos de la construcción y Demolición generadas en Cataluña desde el 1997 hasta el 2001 (año en que se plantea el proyecto) la cual aumenta más del doble año tras año (Figura 5)

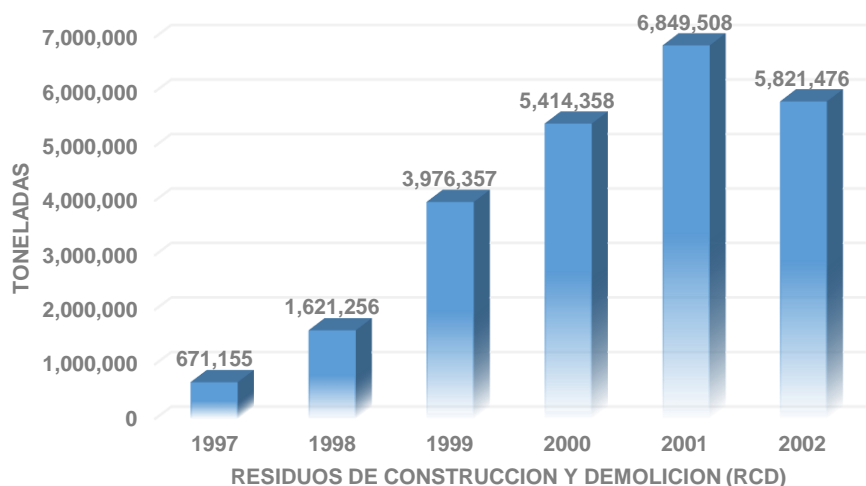


Figura 5: Toneladas de los RCD generados en Cataluña entre 1997-2001

Fuente: Proyecto “Gestión de residuos de la construcción y demolición, Escombros Limpios”

Y la procedencia de estos residuos, es el cincuenta y cinco por ciento de demoliciones intensivas, el dieciséis por ciento de las obras mayores como nuevas edificaciones y rehabilitación, y un catorce por ciento de obras menores, con lo que se comprueba una vez más que el ochenta y cinco por ciento de los residuos que se generan en Cataluña provienen de la industria de la construcción (tabla 2)

*Tabla 2: Procedencia de los Residuos de la Construcción y Demolición.*

Derribo intensivo	55,0%
Derribo selectivo	4,0%
Obras mayores: Edificación y rehabilitación	16,0%
Obras menores	14,0%
Obras públicas	10,0%
Residuos de la planta de selección	1,0 %

Fuente: Proyecto “Gestión de residuos de la construcción y demolición, Escombros Limpios”

## **2.6. Situación en República Dominicana**

La generación de residuos es propio de toda actividad humana a nivel mundial, pero en la Republica Dominicana el desarrollo industrial, económico, poblacional y el proceso acelerado y desordenado de urbanización, los cambios en los modos de consumo, y la filosofía de la sociedad “listo para botar” ha provocado un aumento importante de residuos en un tiempo límite; enfocando el manejo de los residuos sólidos en la recolección y transporte de estos a un espacio abierto en condiciones que no responden a las normas sanitarias y ambientales, creando un problema social, ambiental y de salud. (Flores Chang, et al., 2014)

Hasta la actualidad el límite de una adecuada gestión en la Republica Dominicana se debe a los altos costos que implica la recolección, transporte y disposición final. Pero dentro de estos límites y debilidades que implica un manejo de los residuos sólidos en la Republica Dominicana, se asume como alternativa más adecuada una Gestión Integral de Residuos Sólidos, promovido por medio de iniciativas que contribuyan a la reducción, reutilización y reciclaje, buscando incentivar y priorizar la ejecución de proyectos de valorización de residuos sólidos que permitan

soluciones de problemas a nivel sectorial y nacional, favoreciendo la inclusión social y económica de los recuperadores de residuos y garantizando una disposición final sin peligro a aprovechar.

Esta política nacional de la gestión integral de residuos sólidos municipales tiene como guía los siguientes principios:

- **GESTIÓN INTEGRAL E INTEGRADA**, es decir manejo adecuado de los residuos en todas sus etapas, desde su generación hasta su reaprovechamiento o disposición final con criterios de prevención, minimización, eco-eficiencia, gestión de riesgos en cada una de ellas. La disposición final de residuos se limitará a los casos cuya valorización o tratamiento no sea viable en lo económico, factible en lo tecnológico y adecuada en lo ambiental.
- **SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL**, los generadores de residuos deben responsabilizarse de todo su ciclo de vida, con el objetivo de proteger el medio ambiente y mantener recursos disponibles para futuras generaciones.
- **JERARQUIA EN LA GESTION DE RESIDUOS**, se establece un orden de prioridad, estableciendo como primera estancia la prevención/reducción, en segundo lugar la reutilización, reciclaje, valorización de la materia orgánica y valorización energética y como tercer punto la disposición final o eliminación sin peligro.
- **PREVENCIÓN O REDUCCIÓN EN LA FUENTE**, se refiere a la conveniencia de reducir o minimizar los residuos desde un inicio, estableciendo cambios en los diseños de productos, sustitución de insumos, mejora de métodos, aumento de la vida útil de los productos.
- **SOSTENIBILIDAD FINANCIERA**, adoptar medidas para la integración en la contabilidad del costo real de la prevención y control de la contaminación en todas las etapas, desde la generación inicial hasta la disposición final segura a largo plazo.
- **RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR**, considerado como criterio de responsabilidad extendida y proceso de logística reversa para afianzar la minimización de residuos, donde los productores e importadores deben tener la responsabilidad del producto durante todo su ciclo de vida incluyendo las fases post-industrial y post-consumo.

- **USO DE LA MEJOR TECNOLOGIA:** aplicación de tecnologías limpias, asociado a fortalecer procesos innovadores asociados a una mayor rentabilidad y ventajas de competitividad y sostenibilidad ambiental.
- **“EL QUE CONTAMINA, PAGA”**, este principio se enfoca en el concepto de quien origina los impactos serán quien los mitigue, sustentados bajo la obligación de un pago del servicio de aseo por parte de los generadores de residuos municipales. En el mismo enfoque el causante de algún delito ambiental asumirá todas las consecuencias resultantes del mismo.

Con estos principios la gestión integral de residuos sólidos municipales en República Dominicana tiene como objetivo minimizar los efectos e impactos negativos de los residuos sobre la salud de la población por medio de una gestión que resulte ambientalmente sostenible y socioeconómicamente viable.

**Autor: Arq. Doriana Lorenzo**  
**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**



### 3. GESTION DE RESIDUOS

Según la ley 10/1998 del 21 de abril sobre residuos, se considera como gestión de residuos la recogida, almacenamiento, transporte, valorización y eliminación de residuos así como la vigilancia de estas actividades a los lugares de depósito o vertido.

Esta gestión requiere de una participación activa y consciente de la población, empresas, instituciones públicas y privadas, con el fin de dar a los residuos la solución integral más adecuada desde el punto de vista económico, social y ambiental, reorientando de esta forma las actividades de consumo, producción y servicios a la sostenibilidad, lo que lleva consigo un cambio de mentalidad y comportamiento ante el medio ambiente y la sociedad (Ferrando Sánchez & Granero Castro , 2007)

#### 3.1. Jerarquía de gestión de residuos

Los criterios de jerarquía son la base para una adecuada gestión de residuos, ya que establecen y promueven su mejor ejecución en los países europeos; estos se desarrollan en cinco pasos: (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010) (Ferrando Sánchez & Granero Castro , 2007)

- **Prevención:** conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o conseguir su reducción.
- **Reutilización:** es la segunda prioridad de los principios de jerarquía y constituye en realidad una modalidad de prevención porque con él se busca emplear un producto usado para el mismo fin que fue diseñado.
- **Reciclado:** se transforman los residuos dentro de un proceso de producción para su fin inicial u otros fines buscando que la mayor parte de los residuos se reintroduzcan en el ciclo económico de forma prioritaria mediante el aprovechamiento de los materiales contenidos en estos elementos.
- **Valorización o incineración con recuperación de energía** es un procedimiento que permite el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro el medio ambiente, facilitando la

reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>; este procedimiento se realiza en instalaciones industriales ya existentes como cementeras, ladrilleras, etc. como sustitutos de combustibles cumpliendo determinadas condiciones ecológicas y administrativas.

- **Eliminación:** vertido de los residuos, destrucción total o parcial realizado sin poner en riesgo el medio ambiente.

### 3.2. Medidas para el control de los RCD

Dentro de la gestión de residuos se establecen dos tipos de medidas que buscan reducir la cantidad y peligrosidad de estos en una obra: (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010)

**Medidas preventivas**, actuaciones previas destinadas a evitar la generación de residuos durante el proceso de construcción o demolición y reducir el consumo de materias primas, tales como:

- **Formación**, consiste en que los técnicos responsables de la formación, seguridad y medio ambiente aporten conocimiento, comprensión y responsabilidad a cada uno de los trabajadores ante las acciones de cada fase de obra.
- **Planificación temporal**, busca evitar la acumulación excesiva de materiales en una obra, estableciendo tiempos o plazos entre la llegada de cada material, las actividades a realizar y el personal necesario.
- **Orden espacial en obra**, reservar un espacio delimitado y señalizado para acopio de los materiales lejos de los movimientos bruscos de una obra, evitando así su pronta rotura y su paso a residuo.
- **Creación de un plan de residuos**, planificación de las labores de cimentación y hormigonado de la estructura.
- **Uso de materiales, técnicas y prácticas que reduzcan la cantidad de residuos**, plantear procesos constructivos y sistemas que necesiten menos recursos y produzcan menos residuos y coordinar con proveedores y distribuidores para un solo envío de material.
- **Ejemplaridad en la conducta**, hábitos correctos frente a las acciones que determinan una adecuada gestión.

**Medidas correctoras**, destinadas a gestionar de mejor forma posible los residuos ya generados durante el proceso de construcción y demolición y reducir el impacto ambiental que ocasionan estos, tales como:

- **Formación**, conocimiento por parte de los trabajadores de una obra de las acciones que se deben aplicar como medida de corrección.
- **Clasificación en origen**, cuidadosa separación de residuos según su origen para los rendimientos de reutilización, reciclado y valorización de estos.
- **Orden espacial**, disponer en una obra de un punto de recogida y clasificación de residuos donde se organicen los distintos contenedores para cada tipo de residuo generado.
- **Reutilización y reciclado**, ejecución inmediata de estas acciones en la obra.
- **Ejemplaridad**, se refiere a la conducta individual y colectiva que se debe tener frente a las diferentes acciones que se deben realizar como medida de corrección.

Se destaca que dentro de ambas medidas se repiten acciones imprescindibles para llevar a cabo una adecuada gestión tanto para prevenir residuos como para reducir el impacto ambiental en caso de ya generados. Una de estas es la formación de los agentes que intervienen una obra por parte de los responsables de seguridad y medio ambiente, esto implica el conocimiento, comprensión de las acciones adecuadas para una correcta gestión de residuos frente a cualquiera de las dos situaciones; el orden de espacios para destinar tanto los materiales a emplear en una obra como los contenedores separados para los residuos; y la ejemplaridad que no es más que es una adecuada conducta por parte de los agentes de una obra frente a las tareas de ejecución de todas las acciones anteriormente mencionadas.

### **3.3. Clasificación de las fases de una obra según los RCD generados**

Una construcción se compone de diferentes fases en la que se ejecutan una diversidad de actividades que generan residuos, en este apartado se clasifican en

generación de residuos muy alta, media alta, media baja y baja según el índice de residuos que generan (Tabla 3)

*Tabla 3: Clasificación de las fases de obra*

<b>Índice de residuos generados</b>	<b>Fase de construcción</b>
<b>Muy alto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demolición</li> <li>• Despejes y desbroces</li> <li>• Movimientos de tierra</li> </ul>
<b>Medio alto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de pavimentos</li> </ul>
<b>Medio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de la estructura.</li> <li>• Trabajos de cantería y albañilería</li> </ul>
<b>Medio Bajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de redes horizontales de saneamiento y abastecimiento</li> </ul>
<b>Bajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación y montaje de carpintería y cerrajería</li> <li>• Ejecución de instalaciones</li> <li>• Instalación de vidriería</li> <li>• Pintura.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010)

Cada una de las fases de construcción que abarcan estos índices se detalla a continuación:

- **Demolición**, primera fase con índice de residuos generados muy alto, consiste en el derribo de estructuras existentes en la zona del proyecto donde se ejecutaran las intervenciones de obra.
- **Despejes y desbroces**, primera fase del movimiento de tierra y segunda con índice de residuos muy alto en una obra, la cual consiste en la extracción de tierra vegetal con gran contenido de basura y animales

pequeños como insectos según la zona y el tiempo que lleve el solar deshabitado.

- **Movimiento de tierras**, tercera y última fase con índice de residuos generados muy alto que se ejecuta una vez iniciada la obra.
- **Ejecución de redes horizontales de saneamiento y abastecimiento**, es la única fase con índice de residuos generados medio-bajo, y consiste en tareas de acondicionamiento del solar para iniciar la obra, lo que se dificulta si se realiza en zonas urbanas, ya que se requiere una conexión con estructuras existentes, lo que generara un contenido extra de residuos a diferencia de obras emplazadas en zonas no urbanas donde no existen instalaciones complementarias como las tuberías de gas, telecomunicaciones, etc.
- **Ejecución de los pavimentos**, es la única fase con índice de residuos medio – alto, se considera una etapa con variedad de posibilidades debido a la cantidad de material que se utiliza cuando se va a pavimentar una zona, considerando un aumento significativo cuando es una rehabilitación, los residuos provienen de los cortes y restos de material que se producen para adecuarlos a las medidas requeridas en el proyecto.
- **Ejecución de la estructura**, es una de la fase con índice de residuos medio, y consiste en la ejecución de hormigón armado, de estructuras metálicas, de operaciones de encofrado y desencofrado y de ejecución de partes de la estructura donde se necesita usar madera.
- **Trabajos de cantería y albañilería**, es la segunda fase con índice de residuos medio por los cortes y restos de material que se producen para adecuarlos a las medidas requeridas por el proyecto.
- **Instalación y montaje de carpintería y cerrajería**, fase con índice de residuos bajo, donde se manejan distintos tipos de materiales (aluminio, madera y PVC) prefabricados, que se transportan a una obra acompañados de elementos metálicos para su montaje, los cuales al generar residuos pueden significar riesgo para el personal de la obra.
- **Ejecución de las instalaciones**, fase con índice de residuos bajo y consiste en elementos prefabricados que se transportan a una obra para su posterior montaje.

- **Instalación de la vidriería**, fase con índice de residuos bajo, ya que los vidrios vienen estandarizados con las medidas necesarias salvo los remates finales y los residuos suelen provenir de roturas, reciclables por un lado pero peligrosos por otro para el personal de la obra.
- **Pinturas**, fase con índice de residuos bajo, considerados especiales porque deben ser eliminados por un gestor autorizado.

Con el análisis de los índices de residuos generados para cada una de las fases de la construcción, se confirma una vez más que la ejecución de los pavimentos es una de las acciones que produce mayor residuo en una construcción debido a la cantidad y variedad de material que se utiliza.

### 3.4. Simulación y comparación de residuos

Los distintos agentes involucrados en la construcción se hayan en la obligación de incluir un documento de estudio de gestión de residuos dentro del proyecto de ejecución, según el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de residuos de la construcción, aprobado en España en febrero del 2008; este documento debe abarcar una estimación de cantidad de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) que se generaran en obra, expresada en toneladas y en metros cúbicos, realizada por medio de métodos de cuantificación de RCD fiables (Llatas Oliver, Huete Fuertes, & Ramírez, 2010)

Ante esta obligación, son varios los autores nacionales e internacionales que han desarrollado metodologías para cuantificar los RCD como respuesta a la regulación de establecer rangos y parámetros que describan los residuos generados en la construcción; a continuación se mencionan algunas metodologías aplicadas en distintas zonas geográficas, resaltando que en algunos casos, estas estimaciones de residuos de la construcción y su análisis se realizan tomando en cuenta principios básicos ya establecidos.

1. En **Holanda**, (Bossink & Brouwers, 1996) se clasifican y pesan, en nueve fragmentos, distintos residuos (restos de pilotes, ladrillos cerámicos, hormigones, bloques, tejas, morteros, agregados, envases, etc.) derivados de 184 viviendas desarrolladas en 5 proyectos para establecer estimaciones preliminares, obteniendo como resultado que según la tipología de

materiales de construcción que se suministran en la obra, entre un uno y un diez por ciento se convierte en residuo.

2. En **Canadá**, (Chandrakanthi, Hettiaratchi, Prado, & Ruwanpura, 2003) se toma como referencia el cronograma de actividades de obra para simular a través de modelos, la generación de residuos de cinco materiales (metal, madera, cartón-yeso, hormigón, etc.) en obras de construcción.

En **Estados Unidos** se aplica el principio de estimación basado en la multiplicación del área de la partida de construcción, rehabilitación o demolición por el rango de producción de RCD entre la partida, que da como resultado los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de un área geográfica; bajo este principio se rigen los siguientes ejemplos:

3. El estudio realizado por (Yost & Halstead, 1996) que establece la necesidad de instalar una planta de reciclado en cada zona geográfica a partir de estimar el área total de las nuevas construcciones, multiplicando los datos estadísticos de la oficina de censo del Departamento de Comercio de los Estados Unidos (U.S. Census Bureau) por el peso obtenido de los restos generados al ejecutar las particiones de cartón-yeso en cada metro cuadrado de construcción.
4. (Franklin Associates;, 1998) realiza el mismo estudio anterior pero en este caso con seis sectores que son: construcción residencial y no residencial, rehabilitación residencial y no residencial y demolición residencial y no residencial.

Y así varios casos en diferentes puntos de estados unidos como: Florida (Reinhart, et al., 2003), Massachusetts (Wang, Touran, Christoforou, & Fadlalla, 2004); y otros continentes como Asia (Thailandia) (Kofowoeola & Gheewala, 2009)

El modelado de stock de materiales y sus flujos en el ambiente construido a través de la técnica de Modelación Dinámica es otro modo de estimar las cantidades de residuos que se producen en la construcción, basado en el depósito y flujo de materiales de cada etapa de la actual o futura construcción. Con este principio o método se ha realizado estimaciones en edificaciones de Taiwán, Países Bajos, Noruega.

Aunque existen varios principios a nivel global, según (Llatas Oliver, Huete Fuertes, & Ramírez, 2010) la metodología de estos estudios realizados se basa en:

1. Recopilación de información del proyecto piloto de referencia para el estudio (Descripción y análisis de sus características constructivas)
2. Análisis de las mediciones y presupuestos del o los proyectos, con el fin de estandarizar, estructurar, organizar y codificar la información a utilizar.
3. Identificación y análisis de las mediciones de las unidades de obra de cada proyecto, a partir de la cual se realiza el cuadro de precios unitarios descompuestos y se identifica el sistema constructivo para cada unidad de obra a analizar.
4. Análisis y medición en obra de los residuos generados durante la ejecución de cada elemento constructivo, incluyendo el envasado o empaque de cada material (tipo, volumen, peso, dimensiones, material, etc.).
5. Aplicación de la Ficha de residuos para cada tipo de residuo generado en la ejecución de los elementos constructivos en obra y su cantidad.
6. Estimación de los tipos y cantidades de residuos por unidad de obra aplicando el Modelo Teórico de Cuantificación de Residuos a cada unidad.
7. Adaptación del modelo teórico a los resultados obtenidos.

En este mismo sentido, en la actualidad existen varias herramientas informáticas que realizan el trabajo de estimar los tipos y cantidades de residuos generados, entre las que está el Net Waste Tools, herramienta a aplicar en este proyecto comparativo de alternativas de pavimentos interiores.

Como referencia de este proyecto, se analizan e investigan varios casos donde la evaluación de residuos a través de la comparación de materiales en la herramienta informática Net Waste Tools (NWT) y la propuesta de alternativas que minimicen los impactos que se producen en la actualidad sobre el medioambiente ha sido la base de estudio.

Algunos de ellos se centran en la evaluación de residuos como criterio comparativo de procesos constructivos, donde se analiza y compara la utilización y el proceso constructivo de tres materiales diferentes en una edificación, con el objetivo de determinar cuál de estas tres variables es la más adecuada desde el ámbito de la sostenibilidad.



Luego de determinar los objetivos y los componentes a analizar, se seleccionan los datos generales (superficie útil, construida y número de ocupantes) de cada uno de los proyectos con los distintos materiales y se realiza un promedio de los mismos; así se clasifican las partidas incluidas y excluidas del análisis a realizar, sus características y volúmenes, base de datos a introducir en el programa que determina y cuantifica los vectores contaminantes generados. Y por último se analizan estos datos y se determinan las similitudes y diferencias, para proceder a concluir que variables y cuales no son sostenibles ante el medioambiente. (Soberón, et al., 2011) (Gómez Soberón, et al.) (Manuel, et al., 2011)

En conclusión, estos proyectos buscan como modelos proyectos con características similares que aporten información de los elementos a analizar, tomando partidas de los elementos estructurales presentes durante la vida útil del edificio que abarquen un gran volumen.

**Autor: Arq. Doriana Lorenzo**  
**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

## 4. MINIMIZACION DE RESIDUOS

La minimización de residuos se define como la adopción de medidas organizativas y operativas que permiten disminuir la cantidad y peligrosidad de los subproductos contaminantes generados, que precisan un tratamiento o eliminación final hasta tener niveles económicos y técnicos factibles (Ferrando Sánchez & Granero Castro , 2007) ( Mañà i Reixach, Gonzàlez i Barroso, & Sagrera i Cuscó, 2000)

El objetivo de este método es detectar cuales son las fuentes de producción de residuos y plantear medidas para disminuir las cantidades de residuos generados, que aporten mayor conocimiento y control a la empresa de su proceso productivo, y reduzcan las posibilidades de incumplimientos o cualquier accidente ambiental.

Con estos objetivos se determina que la minimización tiene límites, ya que se lleva a cabo hasta encontrar un equilibrio entre lo técnico y lo económico incluyendo tanto los residuos como las emisiones y los vertidos, por lo tanto se entiende como algo global y extensible a todo el proceso productivo de la empresa.

Las razones por la que se puede emplear el método de minimización de residuos son por su rentabilidad económica, por la oportunidad de incrementar los beneficios de una empresa y por la rápida amortización ya que no son necesarias grandes inversiones de capital.

En conclusión, la minimización permite reducir el volumen del residuo generado por la industria, disminuir la carga contaminante al medioambiente y optimizar el proceso productivo, dejando beneficios económicos y energéticos, ahorro de materias primas y de coste en la gestión de residuos a la vez que una imagen en el mercado.

### 4.1. Medidas de minimización

Las medidas de minimización son acciones concretas personalizadas y adaptadas a cada empresa que tienen como objetivo obtener una minimización en la producción de residuos. Cada medida conlleva un responsable, unos indicadores

y un plazo de ejecución con la que se reportan mejoras de calidad de los productos y del ambiente de trabajo (Ferrando Sánchez & Granero Castro , 2007)

Estas medidas pueden ser tanto simples cambios en el manejo de los materiales o buenas prácticas de mantenimiento como profundos cambios tecnológicos y del proceso productivo. Por lo tanto se clasifican en los siguientes grupos:

- **Gestión de inventarios:**

Se basa en establecer un control adecuado de materias primas existentes, los productos intermedios, acabados, y flujos de residuos asociados en todas las etapas relativas a su almacenamiento o manejo.

Dentro de este grupo se identifican dos aspectos:

- **Control de Stocks**, con el que se trata de reducir la cantidad de materias primas, productos intermedios y acabados para evitar la generación de residuos por caducidad o porque resultan inservibles a causa de cambios en los procesos de producción.
- **La manipulación de productos y materias primas**, es una medida con la que se pretende evitar que se produzcan pérdidas debido a los vertidos, fugas y contaminación de los materiales.

- **Cambios en los procesos productivos**

La fabricación de un producto genera cambios en la maquinaria, materia prima o en el procedimiento, en función de estos cambios se generan residuos diversos, por tanto, se plantean tres medidas para minimizar los residuos sin perjudicar la calidad del producto.

- **Cambios de productos o materias primas**, consiste en sustituir la utilización de materias peligrosas por materiales que sean menos o nada peligrosos, para generar así la menor cantidad de residuos en cantidad y composición.
- **Mejoras y cambios en los equipos**, consiste en mejoras simples y económicas a las maquinarias existentes, tales como instalar

sistemas de recolección de lixiviados para tratar de reciclar los productos que contienen o cambiar las válvulas en un proceso por otras de más calidad para evitar fugas.

- **Mejora de los procedimientos de operación y mantenimiento:** consiste en buenas prácticas ambientales para prevenir la generación de residuos debido a las malas prácticas de los trabajadores o defectos y fallos de los equipos utilizados, estas buenas practicas pueden ser: establecer un plan general a partir del mantenimiento actual que se realiza y las indicaciones del fabricante, y entrenar al personal sobre las repercusiones de estos errores sobre el medio ambiente y como prevenir la generación de residuos.

- **Medidas de recuperación de materias primas, productos o residuos:**

Consiste en aprovechar los subproductos generados, extrayendo del residuo las materias que tienen valor, una opción planteada luego de agotar las opciones de prevención y reducción de residuos. Con esta medida se eliminan costes de vertido de materia prima y se proporcionan ingresos por la venta de residuos. Dentro de las medidas que entran en este aspecto están:

- **Utilización directa en procesos productivos.**
- **Reenvío de los residuos y subproductos al proveedor,** consiste en responsabilizar al proveedor del reciclaje y/o gestión de los subproductos.
- **Empresas dedicadas al reciclaje.**
- **Intercambio de subproductos y valorización.**

**Autor: Arq. Doriana Lorenzo**  
**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

## 5. CONSTRUCCION INTERIOR

La demolición, los despejes y desbroces, el movimiento de tierras, la ejecución de redes horizontales de saneamiento y abastecimiento, la ejecución de la estructura, los trabajos de cantería y albañilería, la ejecución de pavimentos, instalación y montaje de carpintería y cerrajería, ejecución de las instalaciones, instalación de vidriería, pinturas y firmes, son las fases de una obra compuesta de elementos interiores y exteriores que forman los espacios habitables, de ocio o para cualquier actividad (De Santos Marián, Monercillo Delgado, & García Martínez, 2010)

Bajo esta clasificación, la investigación a realizar se centrará en la fase de ejecución de pavimentos como revestimiento interior, puntualizada en pavimentos interiores para viviendas.

Pero antes de entrar al concepto de pavimento como tal, en la investigación previa (Zamora, 2009) resalta que el interior de una obra es una de las partes más importantes, más compleja, poco económica y durable de la construcción, ya que su volumen, extensión y complejidad es amplia frente a las condiciones finales de confort y seguridad, que se deben cumplir según los diferentes usuarios; llegando a la conclusión que el interior de una obra posee un ciclo de vida corto, debido a que la vida útil y evolución de ésta va de la mano con el uso intensivo, los cambios de uso, la forma de vida de los usuarios que habitan allí, el mobiliario interior y las tecnologías húmedas y secas tradicionales.

Este interior está compuesto de siete elementos que cumplen una función independiente dentro de un mismo espacio, los cuales se clasifican en la siguiente tabla 4:

*Tabla 4: Elementos del interior de una obra*

Elementos de obra	Función del elemento
Solera	Cerramiento horizontal inferior
Cielo rasos	Cerramiento horizontal superior
Tabiques	Cerramiento vertical
Pavimentos	Revestimiento horizontal inferior
Techos	Revestimiento horizontal superior
Paramentos	Revestimiento vertical

Fuente: Materiales de construcción interior (Zamora, 2009)

## 5.1. Definición de pavimento

El pavimento es un revestimiento específico de los suelos, compuesto por una capa superior de material que recubre y protege una superficie con la finalidad de dar un acabado plano, duro y decorativo, resistente a impactos y desgastes ante el tránsito peatonal, y agradable a la vista, considerando aspectos de seguridad y comodidad según requiera la zona donde se ubique (de Cusa, 1987)

Las condiciones mínimas que se deben considerar cuando se elige un pavimento son que debe ser económico sin perder calidad, tener buena presencia para su instalación y ser antideslizante y de muy fácil limpieza.

Por lo tanto, bajo estas especificaciones (García, 2004) se considera que las soluciones de pavimentos en el interior de viviendas particulares y su aplicación masiva en España pueden resultar fácil y difícil a la vez.

## 5.2. Características necesarias para un pavimento

Ampliando las condiciones a tomar en cuenta para seleccionar un material de pavimento a ser colocado en los espacios interiores, mencionadas en el capítulo anterior, a continuación se clasifican las características necesarias que requieren los materiales de pavimentos para la seguridad del edificio y el usuario (Zamora, 2009):



1. Comportamiento a la luz (solidez, reflexión, color)
2. Comportamiento al fuego (inflamabilidad, propagación, emisión de llama y de humos)
3. Adecuada conductividad térmica.
4. Resistencia eléctrica.
5. Resistencia mecánica (a la flexión, rayado, tráfico, arranque y deslizamiento)
6. Comportamiento al agua (absorción y limpieza)
7. Comportamiento biológico.
8. Absorción acústica.
9. Resistencia química.
10. Superficie plana sobre la que se pueda transitar sin dificultad.
11. Resistente al uso, es decir, deben soportar cargas importantes, cambios de temperatura y grandes impactos.
12. Ligeros para evitar sobrecarga de uso en el edificio.
13. Presencia decorativa.
14. Económicos.

En ese mismo sentido, se identifican cuatro tipos de usos que puede presentar una obra que determinan el tipo de material de pavimento a elegir:

1. Uso privado y ambiente seco (tránsito menor a 10 personas en 12 horas)
2. Uso privado con limpieza húmeda (tránsito menor a 50 personas en 12 horas)
3. Uso público normal (tránsito menor a 1000 personas en 12 horas)
4. Uso técnico e intenso (tránsito menor a 1000 personas en 12 horas)

Por otro lado, (García, 2004) se considera que el buen funcionamiento de este elemento también depende de la anchura, trazo horizontal y vertical, dimensión del espesor de las capas, adherencia adecuada frente a condiciones húmedas, resistencia adecuada a las cargas y el tránsito, en caso de ubicarlo en zonas húmedas o exteriores debe ser resistente al agua o la intemperie para evitar las fallas y agrietamientos. Y que el objetivo de determinar una mínima dimensión en el espesor de las capas de un pavimento es reducir los esfuerzos que se ejercen sobre la capa inferior a este, obedeciendo a un factor económico. La resistencia

depende tanto del material como del procedimiento constructivo en cuanto a compactación y humedad.

### 5.3. Clasificación

Existen cinco formas de clasificar los pavimentos, según la zona donde se ubicara este, el beneficio que se quiere obtener del material que lo compone, la época del material empleado, la estructura y la continuidad de la superficie.

La clasificación básica o general que se encuentra ante los pavimentos (de Cusa, 1987) que suelen utilizarse en la construcción es la que hace referencia a la zona en donde se emplazará este y se divide en dos grupos:

- **Pavimentos exteriores** (vías públicas, calzadas, aceras, terrazas, terrados)
- **Pavimentos interiores** (locales, habitaciones de edificios)

Luego de esta clasificación general, se encuentra una clasificación que hace referencia al beneficio que se quiere obtener del material que compone el pavimento y se divide en tres categorías:

- **Pavimentos utilitarios:** cuando se pretende obtener de ellos economía, dentro de estos entran los pavimentos de tierra, tierra – cemento, fábrica de ladrillo, hormigón, etc.
- **Pavimentos resistentes:** cuando se quiere obtener durabilidad y poco desgaste.
- **Pavimentos decorativos:** aquellos de los cuales se quiere su presentación, con un acabado que sin apartarse de las categorías anteriores sea armonioso, estético y moderno.

La tercera clasificación según la época del material divide los tipos de pavimentos en dos grandes grupos:

- **Pavimentos de materiales clásicos**, refiriéndose a materiales como la tierra, cemento, la piedra, cerámica, madera, corcho.
- **Pavimentos de materiales modernos**, los conformados por vidrio, caucho, plástico, linóleoum y chapa metálica.

La cuarta clasificación divide los pavimentos en cuatro tipos según la estructura de este:

- **Pavimentos de chapados continuos**, compuestos de materiales como la tierra, piedra triturada, cemento, asfalto, etc.
- **Pavimentos de piezas labradas**, como es el caso de la piedra y la madera que son materiales naturales brutos que necesitan del proceso mecánico para obtener productos adecuados al uso.
- **Pavimentos de moldeados prefabricados**, donde entra las baldosas y mosaicos.
- **Pavimentos de láminas flexibles**, compuestos de goma, plástico o linóleoum y láminas rígidas como la chapa metálica.

Y la quinta clasificación bajo la que muchos se rigen en la actualidad, depende de la continuidad que presenta la superficie de cada pavimento, se distinguen dos grandes grupos:

- **Pavimentos continuos** cuando la superficie no presenta juntas. Dentro de este grupo entran los pavimentos de tierra, piedra machacada, cemento y hormigón, chapados de yeso y asfálticos, xilolita, terrazo, linóleoum, caucho y plástico.
- **Pavimentos discontinuos** son los que están formados por piezas que crean juntas, perceptibles o no según la separación que se le otorgue, las cuales al finalizar su colocación se proceden a rellenar con un material de rejuntado. Dentro de estos están los de piedra (natural, pulimentada, regenerada y artificial), losetas prefabricadas de asfalto, cerámica de tierra cocida y arcilla fina, madera (entarugado, entablonado, entarimado y parquet), aglomerados de corcho, de moldeados, placas o mosaico de vidrio y planchas de metal.

Resumiendo todos los tipos de pavimentos que se encuentran, creamos la tabla 5 donde se clasifican en orden según los criterios que lo determinan:

*Tabla 5: Tipos de pavimentos y su clasificación*

<b>Criterios</b>	<b>Clasificación</b>
Según la ubicación	Pavimento exterior Pavimento interior
Según las características de los materiales	Pavimentos utilitarios Pavimentos Resistentes Pavimentos decorativos
Según la época del material	Pavimentos con materiales clásicos Pavimentos con materiales modernos Pavimentos decorativos
Según la estructura	Pavimentos de chapados continuos Pavimentos de piezas labradas Pavimentos de moldeados prefabricados Pavimentos de laminas
Según la continuidad de la superficie	Pavimentos discontinuos Pavimentos continuos

Fuente: elaboración propia a partir del libro pavimentos de la construcción (de Cusa, 1987)

De acuerdo con la clasificación anterior se puede decir que:

La tipología de los pavimentos se ve determinada por la variación de cuatro características: ubicación, material, estructura y superficie.

Y que la clasificación según la continuidad de la superficie depende del tipo de estructura y de material según la época, es decir, se mezclan los materiales clásicos y modernos y la estructura es la que define si son continuos o discontinuos.

Por lo tanto, si se une la clasificación general con la de época del material y el tipo de estructura, el análisis de este proyecto se enfoca a pavimentos interiores específicamente de viviendas residenciales, de materiales clásicos porque se utilizara la piedra, el cemento, la cerámica, etc. y discontinuos porque estarán

formados por piezas. En conclusión se estudiarán pavimentos interiores de materiales clásicos y estructura discontinua.

## 5.4. Materiales

Los pavimentos están compuestos de distintos tipos de materiales, por lo tanto ante la clasificación tan amplia de materiales existentes solo se definirán los que tienen mayor uso en las edificaciones en España, que son: cerámica, piedra, madera y materiales sintéticos (Roig, Riquelme, & Guillen)

### ➤ CERAMICA

Los países que se destacan por el uso de azulejos y pavimentos cerámicos con un alto índice de consumo en relación a la población son España, Italia y Portugal. Desde el punto de vista de la importancia industrial y de su uso en la edificación, España se considera uno de los mayores productores de este material con aproximadamente 400 millones de metros cuadrados anual y un consumo que supera los cuatro metros cuadrados por habitante por año (ASCER, 2006)

Estos pavimentos cerámicos también conocidos como baldosas cerámicas son definidos por las normas ISO 13006 y UNE-EN14411 como placas delgadas compuestas de un material obtenido de la preparación, moldeo, secado y cocción de arcillas; piezas impermeables generalmente constituidas por un soporte de naturaleza arcillosa y porosidad variable que puede albergar un recubrimiento de naturaleza vítrea dotándola de mejores prestaciones técnicas superficiales y unas mayores posibilidades decorativas, las cuales pueden recibir un acabado de esmalte, engobe (acabado mate y menos impermeable) y pulido (acabado liso y con brillo)

Su clasificación según estas normas se da a partir del método de moldeo ejecutado y de la absorción de agua. En la tabla 6 detallamos los tipos de baldosas según el método de moldeo y los grupos que se forman a partir de la porosidad del material y por ende la absorción de agua. Considerando que para cada uno de los métodos de moldeo aplican los cinco grupos de absorción de agua definidos.

*Tabla 6: Clasificación de las baldosas cerámicas*

<b>Según el método de moldeo</b>	Baldosas extruidas (grupo A)
	Baldosas prensadas (grupo B)
<b>Según la absorción de agua</b>	Grupo I, absorción de agua baja (hasta 3% de absorción)
	Grupo Ia, absorción de agua muy baja (hasta el 0,5%)
	Grupo IIa, absorción de agua media – baja (entre 3 y 6%)
	Grupo IIb, absorción de agua media – alta (entre 6 y 10 %)
	Grupo III, absorción de agua alta (por encima del 10%)

Fuente: Guía de la baldosa cerámica

Luego de esta clasificación general, en la tabla 7 se define el método de moldeo, soporte, esmalte, medidas y espesores estándar para cada uno de los tipos de baldosas cerámicas del mercado, y a que grupo de absorción de agua pertenecen según las normas ISO y UNE-EN 14411.

*Tabla 7: Tipos de baldosas cerámicas*

<b>Tipo de baldosa</b>	<b>Moldeo</b>	<b>Soporte</b>	<b>Esmalte</b>	<b>Medidas usuales (cm)</b>	<b>Grosor usual (mm)</b>	<b>ISO 13006 UNE-EN 14411</b>
<b>Azulejo</b>	Prensado	Poroso	Si	10 x 10 a 45 x 60	< 10	BIII
<b>Gres esmaltado</b>	Prensado	No Poroso	Si	10 x 10 a 60 x 60	> 8	BIb – BIIa
<b>Gres porcelánico</b>	Prensado / Extruido	No Poroso	No - Si	15 x 15 a 60 x 60	> 8	Bla
<b>Baldosín catalán</b>	Extruido	Poroso	No	13 x 13 a 24 x 40	< 8	AIIb - AIII
<b>Gres rústico</b>	Extruido	No Poroso	No – Si	11,5 x 11,5 a 37 x 37	< 10	AI - AIIa
<b>Barro cocido</b>	Extruido	Poroso	No	Gran variedad	> 10	AIIb 2 <sup>a</sup> - AIII

Fuente: Guía de la baldosa Cerámica

## ➤ PIEDRA

La piedra es uno de los materiales de construcción más antiguos que se encuentran en la naturaleza, de la cual se obtienen las formas de las piezas existentes, una vez extraídas por medio de diversos métodos y sometidas a manipulaciones. Este material ofrece grandes ventajas, dentro de las que se destacan su gran resistencia al desgaste por roce debido a la dureza y adherencia del material y durabilidad de las superficies integradas a estos materiales.

Estas piedras conocidas en el mercado como granitos, basaltos, mármoles, calizas y areniscas, se cortan en piezas dimensionadas según el requerimiento o la utilización que se le dará.

Y según el proceso de labrado y grado de afinado al que es sometida la piedra, se definen dos tipos: la piedra natural y la piedra pulimentada, esta última recibe el nombre porque la superficie es sometida a un lijado especial con equipos mecánicos que la dota de uniformidad y brillo y el grosor de la pieza tiende a ser más delgado, a diferencia de las piezas de piedra natural que los grosores no pueden ser tan delgados, ya que el proceso por la que pasa ésta es manual, considerada más pesada en casos como la pavimentación interior en obras (de Cusa, 1987)

Por tanto, la piedra pulimentada la cual se corta mecánicamente en losas y placas de espesores mínimos que reducen el peso tienen un dimensionado estándar dentro de una misma serie, adecuadas para el revestimiento de suelos en viviendas u otra obra de construcción.

Por otro lado, existe otro tipo dentro de este concepto y es la piedra regenerada que se refiere a las baldosas fabricadas con fragmentos de piedra de varios tamaños unidos entre sí por un cemento especial y sometido a moldeo y luego vibrado o prensado. En el mercado se conoce como terrazo prefabricado diferenciándolo del terrazo, ya que este se fabrica directo en la obra y es un tipo de pavimento continuo.

Atendiendo a esta clasificación, el análisis a realizar se centrará en la piedra pulimentada, de la cual se obtienen las baldosas de mármol y granito; y en la piedra regenerada conocida en el mercado comercial como terrazo prefabricado, ya que

la piedra natural como tal se aplica a revestimientos de elementos verticales en la construcción o suelos exteriores.

En este mismo sentido, (Roig, Riquelme, & Guillen) se han clasificado e identificado los tipos de piedra según su nombre comercial, en referencia a su formación, orígenes, composición y estructura, dicha clasificación se muestra en la siguiente tabla 8.

Tabla 8: Características de los tipos de piedra

Denominación técnico – comercial	Características			
	Composición mayoritaria	Dureza Mohs mayoritaria	Aptitud al pulido	Lajosidad
Pizarra	Silíceas	•	•	SI
Granito		>5	SI	NO
Areniscas y cuarcitas		>5	NO	NO
Mármol	Calcáreas	3 - 4	SI	NO
Calizas		3 - 4	NO	NO
Alabastro	Sulfatos	< 3	•	•

Fuente: (Roig, Riquelme, & Guillen)

## ➤ MADERA

La madera también se considera un producto natural que se obtiene de la tala de árboles, pasando por procesos de desaviado, secado, corte y tratamientos protectores, para ser utilizada como material de suelos. Pero para su uso como revestimiento de suelos debe cumplir con características de calidad como estar exenta de nudos, seca y bien curada, para evitar las contracciones con los cambios de temperatura y mantener el nivel y la planicie que se necesita en la superficie donde se coloque. Dentro de los tipos de madera existentes, los materiales considerados más económicos para la construcción son el pino y el abeto (de Cusa, 1987).

Y como todo material presenta ventajas y desventajas, uno más que otros, a continuación mencionamos los de la madera como material de pavimento:



- Dentro de las desventajas que presenta están que es un material de alto costo, que su aplicación se da en regiones y países de bajas temperaturas, es combustible, de escasa duración y favorable frente a los agentes bióticos y abióticos.
- Dentro de sus ventajas esta la estética que proporciona el material a los espacios, comodidad, elasticidad y no conduce frio ni calor.

### ➤ SINTETICOS (TEXTILES Y RESILIENTES)

Los pavimentos sintéticos también conocidos en las normas y en el mercado como textiles y resilientes son pavimentos realizados con materiales artificiales derivados del petróleo o combinados. Dentro de los textiles se encuentran las moquetas y dentro de los resilientes se encuentran las gomas, linóleoum, vinilos y laminados. (Roig, Riquelme, & Guillen) (Figura 6)

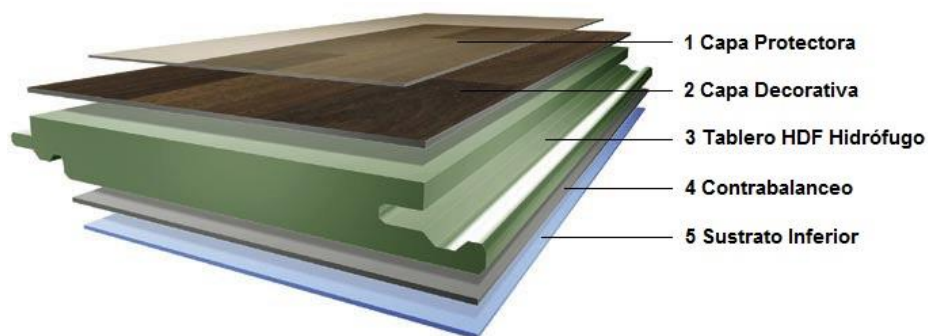


Figura 6: Capas de los pavimentos sintéticos

Fuente: (VANITECH, 2016)

## 5.5. Técnicas de pavimentos

Los diferentes tipos de pavimentos son elementos prefabricados modulares o continuos que se instalan en obra dependiendo si son pavimentos directos o técnicos (Roig, Riquelme, & Guillen)

Los métodos de colocación de los pavimentos directos son:

1. Adheridos (colas, adhesivos cementoso, morteros)
2. Clavados o atornillados (directo / sobre rastreles)
3. Encajados (directo/ sobre rastreles)

#### 4. Dispuestos por gravedad.

Y el de los pavimentos técnicos es sobre pedestales o sobre subestructuras.

### 5.6. Situaciones de servicio

La situación de servicio, agresiones y el comportamiento con otros materiales a la que se enfrenta un material de pavimento y su clasificación es diversa, dentro de la cual se pueden mencionar ser higiénico o de fácil limpieza, antideslizante y de alta durabilidad en exteriores o en casos específicos resistentes a heladas.

Por otro lado, las situaciones generales que se encuentran son: para interiores este material se sometería a un uso moderado, normal o intenso; para exteriores, las situaciones a la que se enfrenta es un tráfico moderado o intenso, rodado moderado, medio, intenso, ligero o pesado. (Roig, Riquelme, & Guillen)

### 5.7. Normativa

Con el objetivo de reducir el riesgo de resbalamientos en los interiores de los edificios, la sección SU1: Seguridad frente al riesgo de caídas del documento básico de seguridad de utilización establece que las zonas interiores secas, dígame espacios como sala, comedor, recibidor, espacios de circulación interior cuya pendiente no sobrepasa el 6% debe cumplir como mínimo la clase uno de resbaladidad, refiriéndose con esto que la resistencia al deslizamiento ( $R_d$ ) que debe mantener el suelo a colocar durante su vida útil debe ser entre quince y treinta y cinco.

Para el sentido contrario, es decir, la escalera y zonas interiores húmedas con pendiente menor al 6% como las entradas de los edificios, terrazas, baños y cocinas deben cumplir como mínimo con una clase dos, donde la resistencia de resbaladidad ( $R_d$ ) debe mantenerse entre treinta y cinco y cuarenta y cinco.

A continuación en las tablas 9 y 10 se muestran las diferentes clases de suelos existentes según la variabilidad de la resistencia al deslizamiento ( $R_d$ ) y según la localización y característica del suelo:

*Tabla 9: Clasificación de los suelos según su resbaladidad*

<b>Resistencia al deslizamiento <math>R_d</math></b>	<b>Clase</b>
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

Fuente: Sección SU1: Seguridad frente al riesgo de caídas del Código Técnico de la edificación (CTE)

*Tabla 10: Clase de suelos en función de su localización*

<b>Localización y características del suelo</b>		<b>Clase</b>
Zonas interiores secas	Superficies con pendiente menor que el 6%	1
	Superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas (terrazas, duchas, baños, aseos)	Superficies con pendiente menor que el 6%	2
	Superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas interiores donde además de agua puede haber agentes como grasas, lubricantes, etc. (aparcamientos, cocinas industriales, zonas de uso industrial. Etc.)		3
Zonas exteriores. Piscinas		3

Fuente: Sección SU1: Seguridad frente al riesgo de caídas del Código Técnico de la edificación (CTE)

Según el documento básico DB-SUA, Seguridad de utilización y accesibilidad del código técnico de edificación (CTE), los suelos de piedra natural con acabados rugosos como el flameado (Figura 7), que se realiza con lanza térmica, y el abujardado (Figura 8), el cual se realiza con bujardas de geometría variable o ruedas con picas que golpean la superficie, se consideran seguros para ser aplicados en cualquier zona de un edificio sin necesidad de realizar ensayos para su comprobación, porque reducen el riesgo de caída por resbalamiento.



Figura 7: Acabado flameado

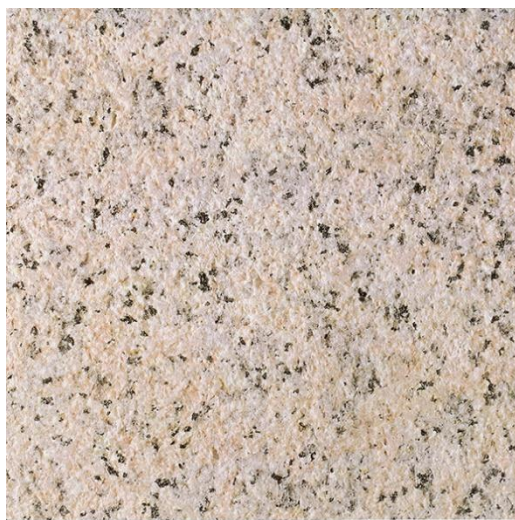


Figura 8: Acabado Abujardado

En este mismo sentido, en la tabla 11 se pueden observar cuales otros tipos de suelos se consideran seguros y que norma los rige, además de los mencionados anteriormente.

*Tabla 11: Suelos que se consideran seguros*

<b>Suelo</b>	<b>Norma referencia</b>	<b>Observaciones</b>
Adoquines de hormigón	UNE EN 1338:2004	
Baldosas de hormigón	UNE EN 1339:2004	
Bordillos de hormigón	UNE EN 1340:2004	
Adoquines de arcilla cocida	UNE EN 1344:2002	Siempre que no hayan sido fabricados de tal forma que se haya producido una superficie muy lisa
Suelos de piedra natural con acabado flameado		Definición de acabado según norma UNE EN 12670:2003
Suelos de piedra natural con acabado abujardado		Definición de acabado según norma UNE EN 12670:2003
Suelos clasificados como R11	DIN 51130	
Suelos clasificados como clase B	DIN 51097	Únicamente en zonas de usuarios descalzos tales como duchas, entorno de piscinas, etc.

Fuente: Documento de Apoyo al Documento Básico / DB-SUA Seguridad de utilización y accesibilidad

Código Técnico de la Edificación

## 6. ANALISIS COMPARATIVO

Se realizará una comparación de tres alternativas de materiales de pavimentos, elegidos según las características requeridas para su aplicación en espacios de viviendas y las partidas del generador de precios del software informático CYPE (CYPE Ingenieros, 2016), y tomando como referencia los metros cuadrados de superficie de cada uno de los espacios del caso de estudio se realizará un análisis comparativo de estas tres alternativas seleccionadas, a partir de los resultados obtenidos por la herramienta Net Waste Tool.

### 6.1. Descripción del caso de estudio

El caso de estudio de referencia es el edificio ubicado en el lote veintidós de la manzana delimitada por las calle Cerdeña, Industria, Córcega y Sicilia, del barrio “El Campo de Grassot y Gracia Nueva” del distrito de Gracia en Barcelona, el inmueble en específico se ubica en el número 517 – 519 de la calle Córcega (Ver Figura 9)

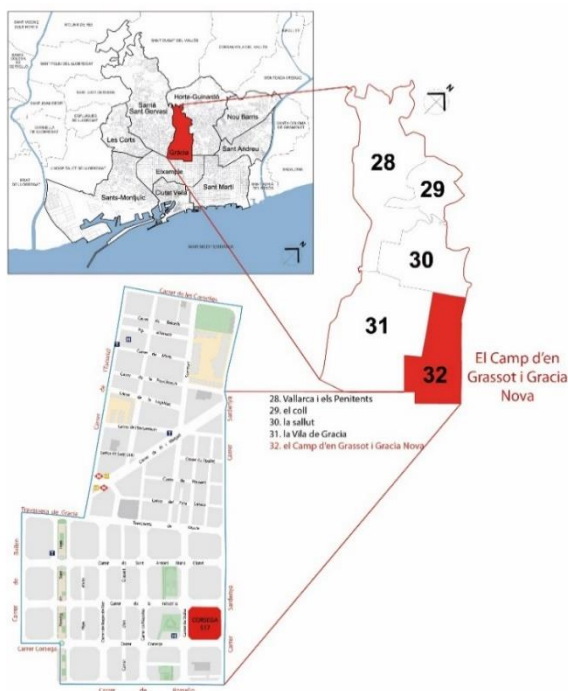


Figura 9: Ubicación del edificio Córcega 517

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía del Ayuntamiento de Barcelona.



El solar donde se emplaza este tiene una superficie de 705,60 metros cuadrados, de los cuales 346 metros son edificables, equivalente a un ancho de doce coma sesenta metros (12,60) y una profundidad de veintisiete coma cuarenta metros (27,40), donde se distribuyen treinta y cuatro viviendas con un local comercial en planta baja (Ver figura 10 y 11)

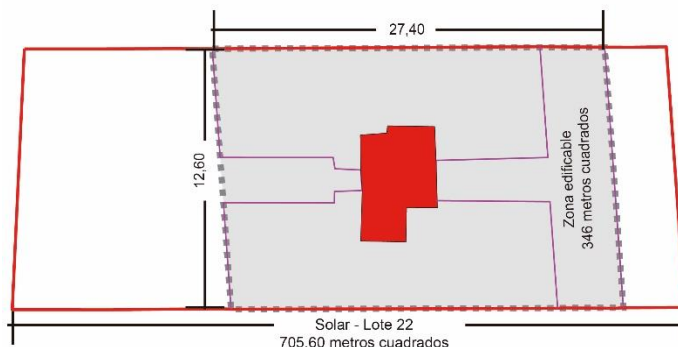


Figura 10: Superficie del lote veintidós.

Fuente: Punto de información cartográfica de Barcelona (BCNPIC)

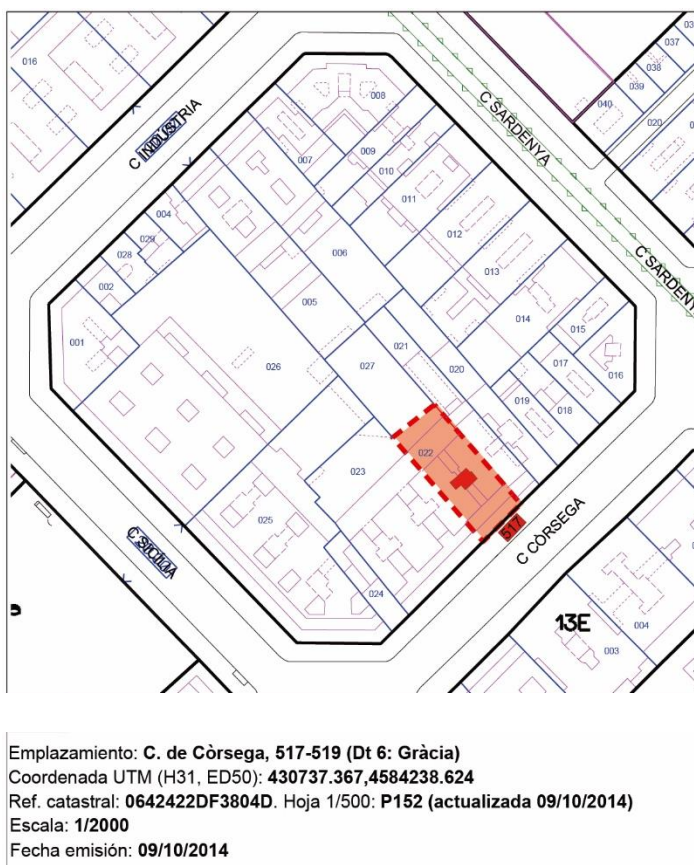


Figura 11: Emplazamiento del lote

Fuente: Punto de información cartográfica de Barcelona (BCNPIC)

Este consta de once plantas: sótano, planta baja y nueve plantas piso, donde se disponen cuatro viviendas por rellano, excepto la última planta (sobreático) que solo se disponen dos viviendas (Figura 12 y 13)

La vivienda tipo consta de comedor, cocina, cuatro dormitorios, cuarto de baño, baño independiente y lavadero, pavimentadas en su diseño original de mosaico hidráulico, terrazo en el vestíbulo de entrada, baldosín catalán en los balcones, y azulejos de 15 x 15 en cocinas y cuartos de baño. En la actualidad esos pavimentos han sido sustituidos por distintos materiales de acuerdo al propietario de la vivienda. (Obra 693684, Archivo contemporáneo del Ayuntamiento de Barcelona)

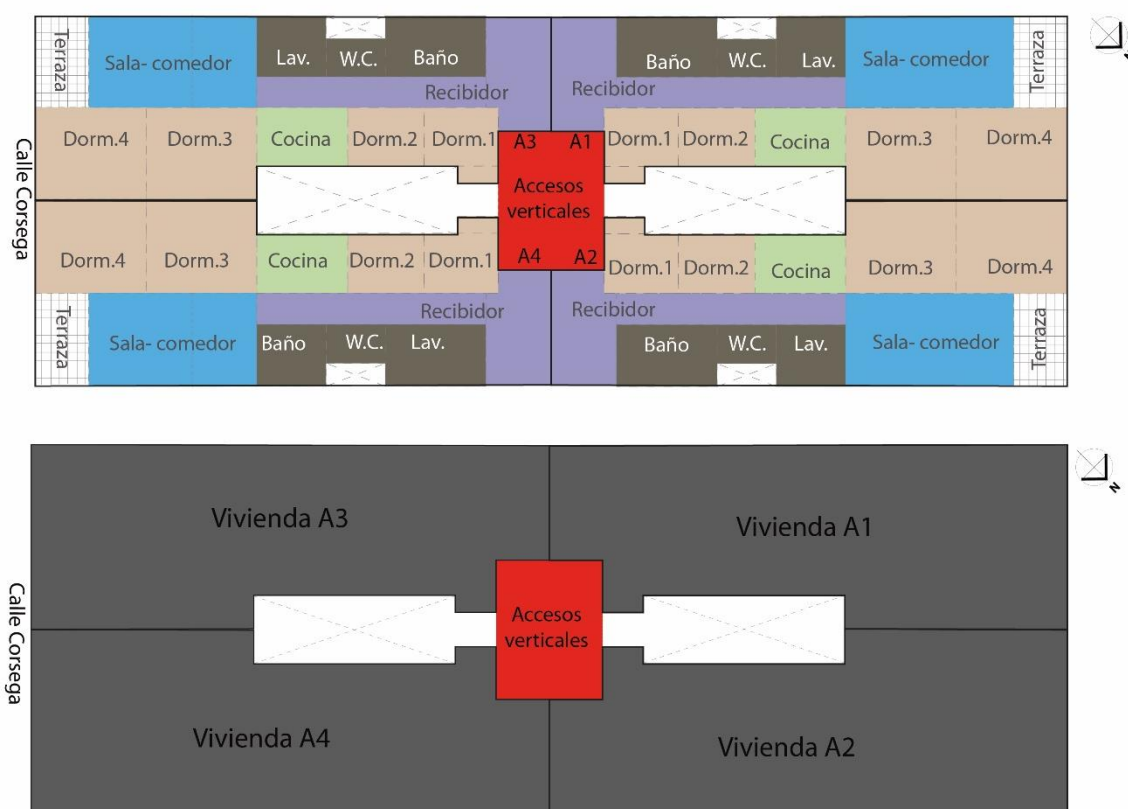


Figura 12: Distribución esquemática de las viviendas de Entrepiso hasta el Ático

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Archivo Contemporáneo del Ayuntamiento de Barcelona.

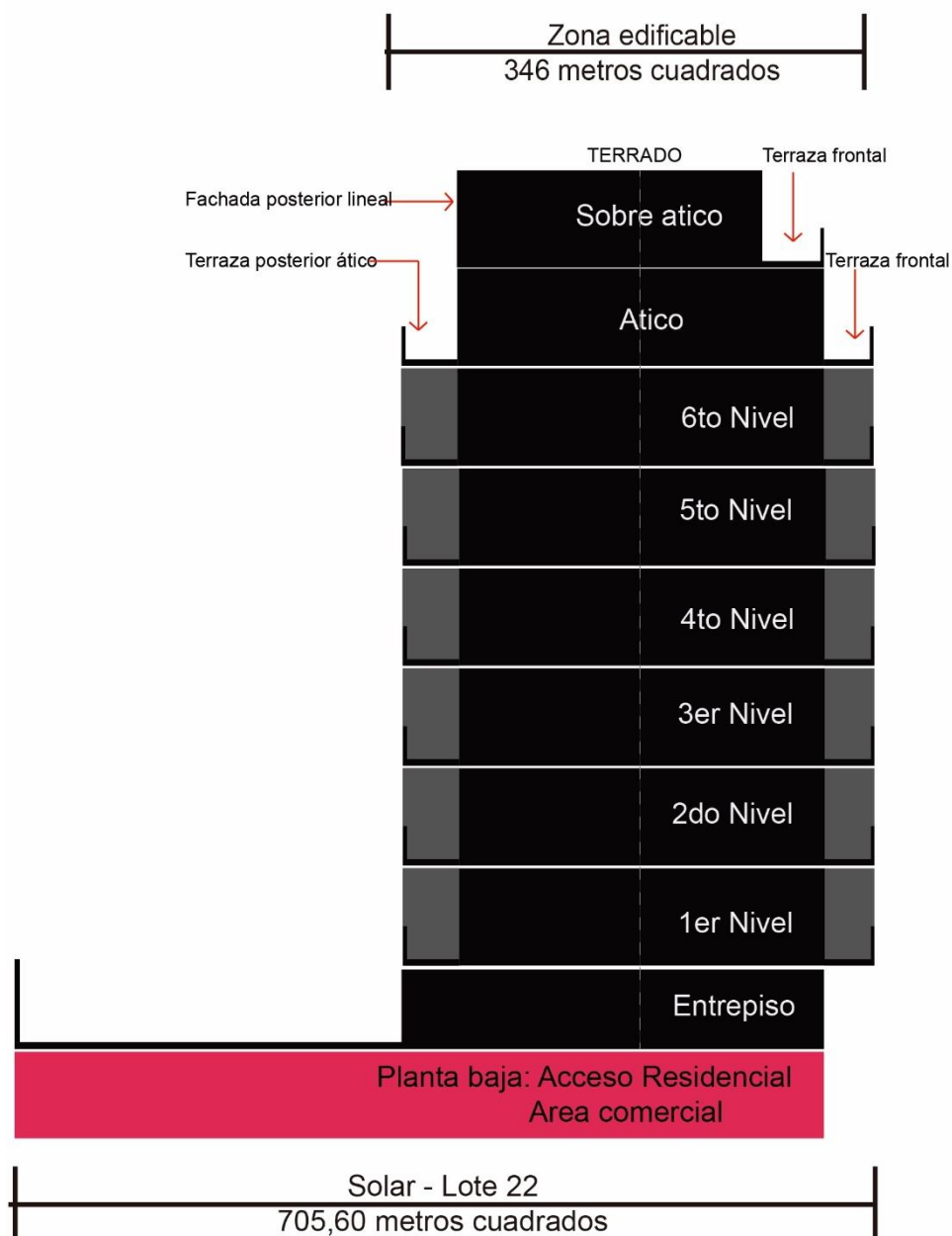


Figura 13: Alzado esquemático del edificio

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Archivo Contemporáneo del Ayuntamiento de Barcelona.

A partir de la información recopilada, se propone sobre este inmueble la pavimentación de 2340,98 metros cuadrados de superficie que corresponden a los espacios comunes y del interior de viviendas, teniendo en cuenta que deben ser pavimentos con materiales que cumplan con los requisitos generales expuestos en los capítulos anteriores.



En las tablas 12, 13, 14 y 15 se detallan los metros cuadrados de superficie de los espacios interiores de cada una de las viviendas y los comunes de las plantas de esta obra.

*Tabla 12: Superficies en metros cuadrados de los espacios interiores de las viviendas de entresuelo.*

<b>ENTRESUELO</b>	Recibidor	Baño	W.C.	Lavadero	Cocina	Comedor-estar	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Dormitorio 4
<b>Vivienda A1</b>	4,46	3,50	1,50	1,50	5,15	17,16	6,00	6,00	6,00	10,20
<b>Vivienda A2</b>	5,67	3,50	1,50	1,50	5,15	17,40	7,72	0,00	6,23	10,00
<b>Vivienda A3</b>	4,46	3,50	1,50	1,50	5,15	17,84	0,00	0,00	6,23	10,00
<b>Vivienda A4</b>	5,17	3,50	1,50	1,50	5,15	17,06	7,72	0,00	6,00	10,20

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Archivo Contemporáneo del Ayuntamiento de Barcelona.

*Tabla 13: Superficies en metros cuadrados de los espacios interiores de las viviendas desde planta primera hasta sexta.*

<b>PLANTAS PISO 1-6</b>	Recibidor	Baño	W.C.	Lavadero	Cocina	Comedor-estar	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Dormitorio 4
<b>Vivienda A1</b>	4,46	3,50	1,50	1,50	5,15	17,16	6,00	6,00	6,67	13,60
<b>Vivienda A2</b>	4,46	3,50	1,50	1,50	5,15	17,40	6,00	6,00	6,96	13,60
<b>Vivienda A3</b>	4,46	3,50	1,50	1,50	5,15	17,84	6,00	6,00	7,08	12,83
<b>Vivienda A4</b>	4,46	3,50	1,50	1,50	5,15	17,06	5,50	6,00	6,67	12,65

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Archivo Contemporáneo del Ayuntamiento de Barcelona.

*Tabla 14: Superficies en metros cuadrados de los espacios interiores de las viviendas del ático*

<b>ATICO</b>	Recibidor	Baño	W.C.	Lavadero	Cocina	Comedor-estar	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Dormitorio 4
<b>Vivienda A1</b>	4,46	3,50	1,50	1,50	5,15	17,16	6,00	6,00	6,00	10,20
<b>Vivienda A2</b>	4,46	3,50	1,50	1,50	5,15	17,40	6,00	6,00	6,23	10,00
<b>Vivienda A3</b>	4,46	3,50	0,00	1,50	5,15	13,65	8,75	0,00	0,00	10,30
<b>Vivienda A4</b>	4,46	3,50	0,00	1,50	5,15	11,70	8,75	0,00	0,00	10,00

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Archivo Contemporáneo del Ayuntamiento de Barcelona.

*Tabla 15: Superficies en metros cuadrados de los espacios interiores de las viviendas del sobreático*

<b>SOBREÁTICO</b>	Recibidor	Baño	W.C.	Lavadero	Cocina	Comedor-estar	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Dormitorio 4
<b>Vivienda A1</b>	5,06	4,41	1,62	1,50	5,35	13,35	12,45	7,87	6,95	0,00
<b>Vivienda A2</b>	5,06	4,41	1,62	1,50	5,35	13,35	0,00	7,87	6,95	12,45

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Archivo Contemporáneo del Ayuntamiento de Barcelona.

En la tabla 16 se presentan los totales de cada una de las plantas y el promedio final a tomar en cuenta para los cálculos.

*Tabla 16: Total de superficie en metros cuadrados*

<b>TOTAL DE METROS CUADRADOS POR NIVEL</b> (incluidos los 14,6 metros cuadrados de área común)	
<b>PLANTA BAJA</b>	80
<b>ENTRESUELO</b>	242,72
<b>PLANTAS 1 - 6</b>	$276,06 * 6 = 1656,36$
<b>ATICO</b>	230,18
<b>SOBREÁTICO</b>	131,72
<b>TOTAL</b>	<b>2.340,98</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Archivo Contemporáneo del Ayuntamiento de Barcelona.

## 6.2. Materiales seleccionados

En el capítulo cinco (5) se detallaron los materiales en general que tienen mayor uso en las edificaciones en España, sus propiedades técnicas según la normativa española y las condiciones mínimas generales, entonces bajo este parámetro de características, se procedió a seleccionar las tres alternativas que se analizaran y compararan en el programa NET WASTE TOOLS (NWT) frente a su generación de residuos en la obra Córcega 517-519 (caso de estudio)

Estas tres alternativas son: el Gres Rustico, como material cerámico, Granito como material de piedra pulimentada y el terrazo prefabricado, como piedra regenerada.

### ➤ GRES RUSTICO

El gres es un pavimento de altas prestaciones y estética, sus características como la compacidad, vitrificado, porosidad mínima y buen aislante térmico hace que sea adecuado para su uso interior.

Dentro de su variedad se encuentra el gres rústico, una baldosa cerámica extruida (método de moldeo), particular por sus características decorativas como irregularidad en color, superficie y aristas; sus características generales son las siguientes (ASCER, 2006)

- Absorción de agua baja o media baja (1.5 – 6%)
- Medidas usuales entre 11,5 x 11,5 y 45 x 45.
- Espesor entre siete y diez milímetros.
- Acabado no esmaltado.
- Carga de rotura entre 2200 y 4500 Newton.

Pero las baldosas que más predominan según (ASCER, 2006) son las de formas cuadradas y rectangulares entre 11 x 11 centímetros y 37 x 37 centímetros con espesores variables según los tipos y medidas. En relación a la absorción de agua y porosidad del material se considera que esta entra en los grupos AI, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua  $E < 3\%$ , no esmaltadas) o Alla (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua  $3\% E < 6\%$ , no esmaltadas) de las normas ISO y EN-UNE.

### ➤ GRANITO

Dentro de la clasificación de pavimentos, el granito es una piedra pulimentada, una de las rocas más utilizadas en construcción, compuesta de feldespato, cuarzo y mica de estructura cristalina, considerada pavimento discontinuo, compacta, difícil de trabajar, inalterable a la intemperie, de buen comportamiento medioambiental y adecuada resistencia a la compresión y al desgaste por abrasión.

Las piezas de este tipo de piedra se producen en forma de losas, baldosas y placas; donde la que mayor empleo tiene son la baldosas cuadradas de 20 x 20 a 50 x 50 centímetros, dispuestas en un espacio en forma de cuadrícula (colocación por testas) o en diagonal (colocación por punta). El espesor de estas suele ser de

dos centímetros y en algunos casos quince milímetros, y su acabado en obra mediante un pulido con máquinas portátiles de disco horizontal (de Cusa, 1987)

Por otro lado, según (López González-Mesones, Núñez Duro, & (FCTGG)., 2013), las baldosas de piedra natural son piezas obtenidas por corte cuyo espesor nominal es mayor a doce milímetros y su anchura es dos veces su espesor, por lo tanto en el caso de la escalera el espesor de la contrahuella debe tener como mínimo diez milímetros.

### ➤ **TERRAZO PREFABRICADO O BALDOSAS DE TERRAZO.**

Según la norma UNE 127020:1999 EX: en su apartado 3.1, la baldosa de terrazo es un elemento prefabricado de hormigón compactado, de forma y espesor uniforme, que cumple los requisitos geométricos especificados en esta y puede ser monocapa (una capa de huella) o bicapa (una capa de huella y una capa de base o apoyo)

La capa de huella es una superficie capaz de soportar un tratamiento de acabado superficial como puede ser el pulido, abrillantado o cristalizado, etc., y es el resultado de la mezcla de cemento gris o blanco, arena fina o marmolina, áridos de mármol, otras piedras duras como sílice y granito, colorantes y aditivos con agua. Y la capa de base o apoyo es una superficie con acabado superficial rugoso para facilitar la adherencia y es resultado de un amasado de agua, de cemento gris, arena de río y aditivos (Regas Arimany , 2002)

Resulta oportuno aclarar que se tiende a confundir el terrazo y el terrazo prefabricado, este último se refiere a la baldosa en serie prefabricada que se lleva a obra, reconocida según la clasificación de tipos de pavimentos como piedra regenerada, a diferencia del primero que es el pavimento continuo fabricado directo en obra. En concreto, este terrazo prefabricado, se engloba dentro de la clasificación de piedra porque es una baldosa elaborada a partir de fragmentos de mármoles y granitos aglomerados mediante cemento, y sometidas a mecanismos de vibrado y pretensado que les confiere compacidad y resistencia.

Dentro de las múltiples ventajas que aporta este tipo de pavimento durante la construcción y su vida útil están: gran resistencia y durabilidad frente a los impactos y desgaste que puede producir el tránsito peatonal, el mobiliario o vehículos para

transporte interior; permite su colocación sin acabar todas las fases de la obra; aporta acabados superficiales lisos y rugosos ya que el proceso de fábrica de esta baldosa deja a la vista los áridos y el color de la masa; posibilidad de efectuar los acabados en obra, corrigiendo con este desperfectos de manipulación o colocación, dando un aspecto continuo y maximizando las condiciones estéticas, ambientales, de nobleza y compacidad (de Cusa, 1987)

### **Características de los terrazos prefabricados**

Según el tamaño de los pedazos de piedra utilizados para la fabricación, las baldosas de terrazo prefabricado se dividen en dos subgrupos: aglomerados (pedazos pequeños de piedra) y encachados (pedazos grandes de piedra) (de Cusa, 1987)

Las baldosas de terrazo con piedra aglomerada se clasifican en tres según el grano empleado:

- **Terrazos de grano fino**, es un material uniforme, resistente, duro e impermeable compuesto por granos de mármol de dos a cuatro milímetros amasados con cemento. Recomendables para espacios que requieran de un pavimento de mucha resistencia, económico y con un acabado de calidad decorativa (Figura 14)
- **Terrazo de grano medio**, compuestos de pedazos de piedra entre los diez y quince milímetros, clasificados de forma que logren una uniformidad armoniosa a través de la igualdad de tonos y dibujo. Ideales para revestimientos de suelos de viviendas y establecimientos (Figura 15)
- **Terrazo de grano grueso**, compuesto por pedazos de piedra de hasta los tres o cuatro centímetros (Figura 16)



Figura 14: Terrazo de grano fino

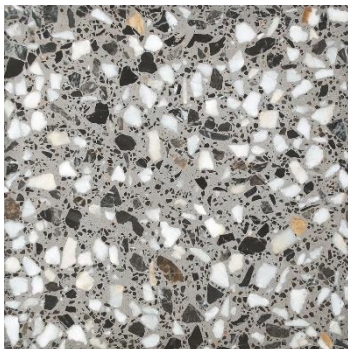


Figura 15: Terrazo de grano medio



Figura 16: Terrazo de grano grueso

Fuente: Pavi – Navas, S.L., Valencia

Estas losetas y baldosas de terrazo se fabrican con dimensiones adecuadas al tipo de grano y fabricante, pero las que predominan tienen dimensiones de treinta por treinta (30 x 30), cuarenta por cuarenta (40 x 40) y cincuenta por cincuenta (50 x 50) centímetros.

En este mismo sentido, las baldosas de terrazo con enchachados utilizan el cemento coloreado o un aglomerante a base de resinas poliéster como aglutinante y suelen ser de dimensiones de cuarenta por cuarenta y cincuenta por cincuenta centímetros con características de resistencia, compacidad, alta calidad y estética, empleadas tanto para pavimentación como para revestimientos de fachadas e interiores.

Este tipo de baldosa es fabricada por la casa MAB en Barcelona y se diferencia de las demás porque carecen de refuerzo o fondo, es decir, es un bloque compacto formado en su totalidad por grandes fragmentos de mármol junto a otros más pequeños de distintas coloraciones.

Por otro lado, para saber el nivel de exigencia que debe tener una baldosa de terrazo frente a la rotura, desgaste o impacto, como todo material de pavimento, se debe determinar cuál clase de utilización de estas tres tendrá este en el interior, ya que la vida útil de este tipo de baldosas depende de la relación entre el tipo producto (características) y la utilización (Regas, Bolaños , & Architectonic Concrete, S.L., 2003)



- **Normal:** tráfico peatonal en el interior de viviendas particulares o en locales de poco tránsito.
- **Intensivo:** tráfico peatonal en edificios o zonas interiores con alta intensidad de tráfico.
- **Industrial:** tráfico intenso y mixto de peatones y vehículos para instalaciones.

En el mismo sentido, (Regas Arimany , 2002) afirma que la mejora de control de calidad en obra y la alta valoración por parte de los usuarios de los pavimentos de terrazo de uso normal se debe a la introducción de la norma 127.001 de 1.990 con los requisitos de instalación.


### Colocación

Hay tres métodos de colocación de las baldosas de terrazo expuestos en la tabla 17, pero solo dos de ellos son correctos:

*Tabla 17: Métodos de colocación de las baldosas de terrazo*

	<p>1. Capa de apoyo de mortero pegado a la base de pavimento</p>	
	<p>2. Capa de apoyo separado de la base de pavimento por un film plástico de polietileno o similar.</p>	<p><b>Correctos</b></p>



 <p>Baldosa Mortero Arena Base del pavimento</p>	<p>3. Capa de arena entre la base y la capa de apoyo de mortero.</p>	<p>Correcto / incorrecto</p>
---	--	------------------------------

Fuente: Guía del terrazo: proyecto y puesta en obra. Control de calidad

En general, sin apartarse de lo anterior, la baldosa de terrazo debe ser colocada sobre la capa de mortero con la maza de caucho separando las juntas entre uno o dos milímetros; una vez colocada se le aplica una lechada de cemento-color suministrada por el fabricante que penetre en las juntas y luego de tres días se procede al repulido, afinado y abrillantado atendiendo al anexo de la norma UNE 127020:1999 EX. En caso de que la baldosa venga acabada de fábrica (con el espesor requerido, con las juntas rellenas del producto recomendado por el industrial y limpia del exceso de lechada), este proceso no se lleva a cabo en obra solo se procede a colocarla sobre una capa fina de cemento-cola (Regas Arimany , 2002)

Las características técnicas de esta capa de mortero utilizada en los tres métodos como capa de apoyo para la baldosa de terrazo dependerán del uso que recibirá el pavimento: para un uso normal (vivienda privada), la capa de apoyo tiende a ser de 3 a 4 centímetros de espesor de mortero con resistencia baja ( $50 \text{ kg/cm}^2$ ); para un uso intensivo el mortero debe tener resistencia mínima de  $100 \text{ kg/cm}^2$  y para un uso industrial una resistencia mínima de  $140 \text{ kg/cm}^2$ .

Con relación al tercer método, este se considera tanto correcto como incorrecto, ya que se tiende a usar para compensar fallos de nivelación de base, colocando una capa de arena entre la base y la capa de apoyo de mortero, una superficie blanda entre dos rígidas que provoca un mal funcionamiento en la baldosa de terrazo provocando juntas con el tiempo.

Asimismo, los formatos más comunes son de forma cuadrada y rectangular de cuarenta por cuarenta ( $40 \times 40$ ), cincuenta por cincuenta ( $50 \times 50$ ) y sesenta por cuarenta ( $60 \times 40$ ) centímetros; el espesor viene determinado por el tráfico peatonal y su intensidad y va desde los tres coma dos (3,2) hasta siete centímetros; pero se



suele establecer una referencia para cada una de las piezas más utilizadas como: el terrazo cuarenta por cuarenta (40 x 40) centímetros se recomienda un espesor de tres coma cuatro (3,4) centímetros, para el de sesenta por cuarenta (60 x 40) centímetros con tráfico peatonal intenso se recomienda un espesor de cuatro coma cinco (4,5) centímetros.

De igual forma, (de Cusa, 1987) muestra otros cuatro tipos de terrazos además de la baldosa prefabricada:

- **Terrazos industriales**, compuestos por cemento y diferentes materiales como sílice, cuarzo, pórfido, corindón y carborundum, bajo la fórmula del grano fino que refuerzan su dureza y le dan una gran resistencia al desgaste y al choque. Fabricado para pavimentar espacios como naves, locales industriales, almacenes, pistas deportivas, zonas que demandan mucho desgaste de pavimento por las actividades que se realizan. Este tipo de terrazo solo se fabrica en dimensiones treinta por treinta centímetros, con acabado de fábrica o acabado en obra.
- **Terrazo basáltico**: es una variante del terrazo industrial que presenta textura, fabricada por la firma Escofet de Barcelona, resultado de la adición de inertes especiales y un cuidado en la dosificación y entonación del aglomerante.
- **Terrazo en relieve**: es otra variante de los terrazos industriales diseñada para exteriores con propiedades antideslizante a través del relieve y fabricada de igual forma por la firma Escofet con el nombre de vibrado relieve. Se considera sustituto de las losetas clásicas de hormigón empleadas en aceras, paseos, andenes etc., e ideal para rampas de acceso a garajes, aparcamientos elevados y fuertes desniveles.
- **Terrazos lavados**: son piezas de grano medio o grueso fabricadas para exteriores bajo un procedimiento que deja sin nivelar la cara superior, quedando en relieve los áridos gruesos.

### 6.3. Generador de precios, España (CYPE Ingenieros)

Por medio del generador de precios de la construcción del programa informático CYPE se obtienen los costes de construcción ajustados al mercado y a las distintas características y tipologías de una obra, lo que facilita la elaboración de

documentos útiles para las distintas fases del ciclo de vida del edificio, teniendo en cuenta características concretas de cada obra y generando precios específicos para el proyecto a presupuestar (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

De esta forma, el generador de precios de España y sus características estándar, serán la base para determinar los precios y descripción de partidas de cada una de las tres alternativas de material de pavimento seleccionadas (terrazo, gres rustico, y granito)

Una vez dentro del programa, se encuentra la partida general de Revestimientos y trasdosados (R) que se subdivide en varios apartados, entre los que está el de pavimentos (RS) y sus clasificaciones; entre esta clasificación se encuentran las tres alternativas seleccionadas, en este mismo orden: Cemento/terrazo (RSC), Cerámicos/gres (RSG), y Piedras Naturales (RSP), junto a sus características y precios que son determinados a partir de los criterios a seleccionar según su aplicación (Ver figura 17)

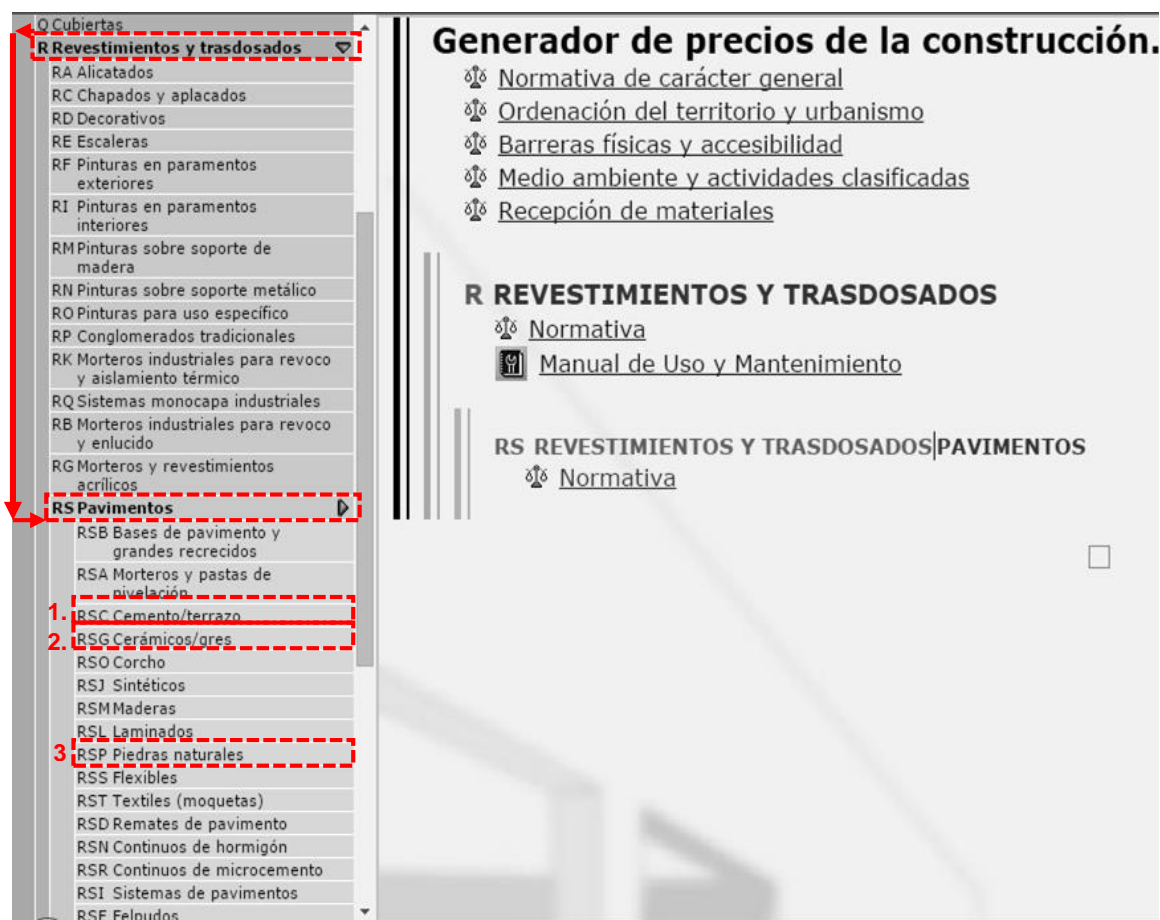


Figura 17: Desglose de los pavimentos en el generador de precios. España

Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Esta herramienta presenta variedad de opciones para cada una de las características que definen un material, por lo tanto, la selección adecuada a partir de los criterios estudiados con anterioridad y el uso que tendrá el caso de estudio expuesto, determinará la descripción final y el precio de cada partida.

## ➤ TERRAZO

La primera partida a definir es la del pavimento RSC - Cemento/terrazo, en específico el metro cuadrado de pavimento de terrazo. Para definir ésta, en la figura 18 se observan las opciones del generador de precios para cada una de las características de un metro cuadrado de solado de terrazo como material de pavimento; estas características a determinar son: tamaño de grano de la capa vista, el color, el uso del material de pavimento en la obra y sus dimensiones.

Asimismo vienen opciones estándar, a observar en la figura 19 y 20, como la colocación del soldado de terrazo sobre una capa gruesa de mortero de cemento y su rejuntado con lechada de cemento blanco coloreado.

The screenshot shows the 'Revisión Independiente' software interface. On the left, a sidebar lists various construction materials, with 'RSC Cemento/terrazo' selected. The main panel displays options for 'Tamaño de grano de la capa vista' (Grano medio selected), 'Color' (Beige selected), 'Uso' (Normal selected), and 'Dimensiones (cm)' (40x40 selected). A red dashed box highlights the selected options.

Figura 18: Opciones que definen un metro cuadrado de solado de terrazo.

Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)



Figura 19: Material de colocación de la baldosa de terrazo

Fuente: Generador de precios. España.  
(CYPE Ingenieros S.A., 2016)



Figura 20: Material de rejuntado de la baldosa de terrazo

Fuente: Generador de precios. España.  
(CYPE Ingenieros S.A., 2016)

A medida que se realiza la selección de las características de este pavimento se observa como el factor económico varía según la opción que se elige, por lo tanto, antes de obtener la partida final se analizan cada una de las particularidades que definen esta y sus precios.

Respecto a el tamaño de grano de la capa vista, se determina que el más económico es el grano medio y el más costoso es el grano grueso; en cuanto al color, existen dos rangos de precios: los tonos más oscuros (Negro, rojo, verde) más caros y los neutros (beige, marfil, coral) más baratos; el uso es determinado por la función del proyecto piloto; y el precio con relación a las dimensiones de las piezas, se mantiene constante para las baldosas 30 por 30, 33 por 33 y 40 por 40 y a partir de estas aumenta a medida que la baldosa presenta mayor dimensión.

Una vez analizadas las opciones presentadas para cada característica desde el punto de vista económico, se procede a realizar la siguiente tabla 18, donde se detallan y se justifican las características que tendrá la partida del pavimento de terrazo:

*Tabla 18: Pavimento de baldosas de terrazo*

<b>RSC – Cemento/terrazo</b>	<b>Solado de TERRAZO</b>	<b>Justificación de selección</b>
<b>Tamaño de grano de la capa vista</b>	Grano medio (entre 6 y 27 mm)	Según las características descritas en el subcapítulo 6.2 anterior, las baldosas de terrazo de grano medio, logran una uniformidad armoniosa a través de la igualdad de tonos y dibujo y son ideales para revestimientos de suelos de viviendas y establecimientos (de Cusa, 1987)
<b>Color</b>	Beige	Selección propia por ser un color neutro y armonioso.
<b>Uso</b>	Normal	Clase de utilización para el tráfico peatonal en el interior de viviendas particulares o en locales de poco tránsito (Regas, Bolaños , & Architectonic Concrete, S.L., 2003)
<b>Dimensiones (centímetros)</b>	40 x 40	Formato más común según (Regas Arimany , 2002)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Luego de seleccionar las características más factibles para una vivienda y tomando en cuenta el factor económico, los materiales tienen las siguientes especificaciones en la partida de solado de terrazo obtenida (Tabla 19)

*Tabla 19: Descripción y precio de los materiales en la partida del pavimento de baldosas de terrazo.*

Solado de baldosas de terrazo <b>grano medio (entre 6 y 27 mm)</b> , clasificado de uso <b>normal</b> para interiores, <b>40x40</b> cm, color <b>beige</b> , <b>colocado a golpe de maceta sobre lecho de mortero de cemento, industrial, M-5 y rejuntado con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 coloreada con la misma tonalidad de las baldosas.</b>		
<b>Descomposición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio de partida</b>
Agua	M <sup>3</sup>	0,02
Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-5 (resistencia a compresión 5 N/mm <sup>2</sup> ), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	T	1,94
Baldosa de terrazo para interior, uso normal, grano medio (entre 6 y 27 mm), formato nominal 40x40 cm, color beige, con un primer pulido en fábrica, para pulido y abrillantado final en obra, según UNE-EN 13748-1.	M <sup>2</sup>	10,76
Cemento blanco BL-22,5 X, para pavimentación, en sacos, según UNE 80305.	KG	0,14
Color o borada para pavimento de baldosas de terrazo.	KG	0,58
<b>Precio total de los materiales de la partida</b>		<b>13,44 euros por cada M<sup>2</sup></b>

Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

## ➤ GRES RUSTICO

La segunda partida a definir es la del pavimento RSG – Cerámico/gres, en específico el metro cuadrado de Solado de baldosas cerámicas con mortero de cemento como material de agarre. Para definir ésta, en la figura 21, 22 y 23 se observan las opciones del generador de precios que definen cada una de las características del solado de baldosas cerámicas como material de pavimento; estas características a determinar son: dimensiones de las juntas (separación entre baldosas), características mecánicas, resistencia al deslizamiento (CTE), tipo de pavimento cerámico, dimensiones, material de colocación y material de rejuntado.

**RS Pavimentos**

- RSB Bases de pavimento y grandes recrecidos
- RSA Morteros y pastas de nivelación
- RSC Cemento/terrazo
- 2 RSG Cerámicos/gres**
  - m<sup>2</sup> Solado de baldosas cerámicas colocadas con adhesivo
  - m<sup>2</sup> Solado de baldosas cerámicas con mortero de cemento como material de agarre**
  - m<sup>2</sup> Solado de mosaico de gres
  - m<sup>2</sup> Solado de mosaico de vidrio
  - m<sup>2</sup> Sistema "BUTECH" de solado de baldosas cerámicas
  - m<sup>2</sup> Solado de baldosas cerámicas Techlam "LEVANTINA", colocadas con adhesivo
  - m Rodapié cerámico
  - m Rodapié cerámico "TAU CERÁMICA"
  - m Rodapié cerámico Techlam "LEVANTINA"
  - m Rodapié cerámico "GRES PANIA"
  - m Perfil para junta de partición
  - m Perfil para junta perimetral
  - m Perfil para junta estructural
  - m<sup>2</sup> Solado de baldosas de barro cocido
  - m Rodapié de barro cocido

**Revisión Independiente ✓**

☒ Sin junta (separación entre 1,5 y 3 mm) ☐ Con junta abierta (separación mayor de 3 mm)

Para la clasificación de las baldosas se ha utilizado la Guía de la Baldosa Cerámica realizada por el IVE, donde se propone un código de baldosa según el uso para el que es adecuada.

Se recomienda que la capacidad de absorción de agua de las baldosas sea superior al 3% (en baldosas de los grupos IIa, IIb y III, según UNE-EN 14411).

Características mecánicas	Resistencia al deslizamiento (CTE)	Características adicionales
<input type="radio"/> Pavimentos para tránsito peatonal leve (tipo 2) <input checked="" type="radio"/> Pavimentos para tránsito peatonal moderado (tipo 3) <input type="radio"/> Pavimentos para tránsito peatonal medio (tipo 4) <input type="radio"/> Pavimentos para tránsito peatonal intenso (tipo 5) <input type="radio"/> Pavimentos para tránsito peatonal muy intenso (tipo 6) <input type="radio"/> Pavimentos para tráfico rodado (tipo 7)	<input type="radio"/> Sin requisitos adicionales (tipo 0) <input type="radio"/> Pavimentos interiores secos (tipo 1) <input checked="" type="radio"/> Pavimentos interiores húmedos (tipo 2)	<input checked="" type="radio"/> Higiénico (tipo H/-)

Colocación del pavimento: ☒ En capa gruesa (con mortero de cemento como material de agarre)

Figura 21: Opciones generales que definen un metro cuadrado de pavimento de baldosas cerámicas.

Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

Material de colocación/Pavimento

Material de rejuntado

Pavimento

Tipo

☐ Gres esmaltado ☐ Baldosín catalán

☒ Gres rústico

Dimensiones (cm)

☐ 20x20 ☒ 30x30

Precio (€/m²) 8,00

Material de colocación

Casa comercial

☐ Mortero de cemento

☒ Mortero de cemento blanco BL-II/A-L 42,5 R

☐ Mortero bastardo de cemento CEM II/A-P 32,5 R, cal y arena

☐ Mortero bastardo de cal y cemento blanco BL-II/A-L 42,5 R

☒ M-5 ☐ M-10

Figura 22: Tipos de pavimentos y materiales de colocación para el pavimento de baldosas cerámicas.

Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Material de colocación/Pavimento

Material de rejuntado

Casa comercial

☒ Sin junta (separación entre 1,5 y 3 mm)

Producto

☒ Mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2

☐ Mortero de juntas de resinas reactivas, RG

Figura 23: Material de rejuntado para el pavimento de baldosas cerámicas.

Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Una vez analizadas las opciones presentadas para cada característica desde el punto de vista económico, se procede a realizar la siguiente tabla 20, donde se detallan y se justifican las características que tendrá el pavimento de baldosa cerámica a analizar.



Tabla 20: Pavimento de baldosa cerámica con mortero de cemento como material de agarre.

RSG – Cerámicos/gres	Solado de baldosa cerámica con mortero de cemento como material de agarre	Justificación de la selección
<b>Características mecánicas</b>	Pavimentos para tránsito peatonal moderado (tipo 3)	El caso de estudio cuenta con espacios interiores de viviendas donde el tránsito es leve, e interiores comunes donde el tránsito peatonal es moderado, por lo tanto se asume el más desfavorable.
<b>Resistencia al deslizamiento (CTE)</b>	Pavimentos interiores húmedos (tipo 2)	El caso de estudio de referencia posee tanto espacios interiores secos como húmedos, por lo tanto se asume el más desfavorable.
<b>Tipos de pavimentos</b>	Gres rústico	Posee características como absorción de agua baja que la hacen particular para revestimientos de suelos (ASCER, 2006)
<b>Dimensiones según el tipo (cm)</b>	30 x 30	Dimensión aproximada a las más usuales según (ASCER, 2006)
<b>Material de colocación</b>	Mortero de cemento blanco BL-II/A-L 42,5 R	Opción más económica según (CYPE Ingenieros S.A., 2016)  Acabado blanco con resistencia mecánica alta.
<b>Dimensiones entre las baldosas (juntas)</b>	Sin junta, separación entre 1,5 y 3 milímetros.	Según la sección SU1 punto dos del (CTE, 2006) sobre la discontinuidades en el pavimento, para limitar el riesgo de caídas como consecuencia de tropiezos, una de las condiciones que se deben cumplir es que este no tenga juntas que presenten un resalto de más de cuatro milímetros.
<b>Material de rejuntado</b>	Mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2	Se asumen espacios húmedos como la situación más desfavorable.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Luego de seleccionar las características más factibles para una vivienda y tomando en cuenta el factor económico, los materiales tienen las siguientes especificaciones en la partida de solado de baldosa cerámica obtenida (Tabla 21)



*Tabla 21: Descripción y precio de los materiales en la partida del pavimento de baldosas cerámicas.*

Solado de baldosas cerámicas de <b>gres rústico, 3/2/H/-</b> , de 30x30 cm, <b>15,13 €/m²</b> , recibidas con mortero de cemento blanco BL-II/A-L 42,5 R M-5 de 3 cm de espesor y rejuntadas con mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), con la misma tonalidad de las piezas.		
Descomposición	Unidad	Precio partida
Mortero de cemento blanco BL-II/A-L 42,5 R, tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m³ de cemento y una proporción en volumen 1/6.	M³	2,65
Baldosa cerámica de gres rústico 3/2/H/-, 30x30 cm, 8,00€/m², según UNE-EN 14411.	M²	15,89
Mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta mínima entre 1,5 y 3 mm, según UNE-EN 13888.	KG	0,10
<b>Precio total de los materiales de la partida</b>		<b>18,64 euros por cada M²</b>

Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

## ➤ GRANITO

La tercera y última partida a definir es la del pavimento RCP – Piedras Naturales, en específico el metro cuadrado de Solado de piedra natural con mortero de cemento como material de agarre. Para definir ésta, en la figura 24 y 25 se observan las opciones del generador de precios que definen cada una de las características del solado de granito como material de pavimento en particular; estas características a determinar son: tipo de pavimento, país de origen, color, dimensiones, acabado y dimensiones de las juntas (separación entre baldosas)

Las características estándar ya determinadas son el sistema de colocación de la baldosa sobre una capa gruesa de mortero de cemento como material de agarre y mortero de juntas cementoso, CG1.

Se recomienda la colocación del pavimento de piedra natural en capa fina y mediante mortero de fraguado rápido, para evitar que la piedra natural se manche durante su puesta en obra.

**Tipo de piedra** Colocación

☐ Mármol ☐ Mármol anticato (envejecido artificialmente) ☒ Granito ☐ Arenisca

☐ Travertino ☐ Travertino anticato (envejecido artificialmente)

**País de origen**

☒ España ☐ Portugal ☐ Noruega ☐ Finlandia

☐ Brasil ☐ Venezuela ☐ Sudáfrica ☐ Zimbabwe

**Dimensiones (cm)**

☒ 60x40x2 ☐ 60x40x3

**Acabado**

☐ Pulido ☒ Flameado ☐ Apomazado

Figura 24: Opciones generales que definen un metro cuadrado de pavimento de piedra natural.  
 Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

**Tipo de piedra** Colocación

**Sistema de colocación**

☒ En capa gruesa (con mortero de cemento como material de agarre)

**Material de colocación**

☒ Mortero de cemento

**Material de rejuntado**

☒ Sin junta (separación entre 1,5 y 3 mm)

☐ Con junta abierta (separación entre 3 y 15 mm)

☐ Con junta abierta (separación > 15 mm)

**Producto**

☒ Mortero de juntas cementoso, CG1

Figura 25: Materiales de colocación y rejuntado del pavimento de piedra natural.  
 Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Una vez analizadas las opciones presentadas para cada característica en particular desde el punto de vista económico, se procede a realizar la siguiente tabla 22, donde se detallan y se justifican las características que tendrá el pavimento de piedra natural:

*Tabla 22: Pavimento de piedra natural con mortero de cemento como material de agarre.*

<b>RCP – Piedras Naturales</b>	<b>Solado de piedra natural con mortero de cemento como material de agarre</b>	<b>Justificación de la selección</b>
<b>Tipo de piedra</b>	Granito	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Según las características descritas en la tabla 8 del subcapítulo 5.4 anterior, el granito es una de las rocas más utilizadas en construcción que presenta mayor dureza (&gt; 5 en la escala de Mohs) (Roig, Riquelme, &amp; Guillen).</li> <li>✓ Material que admite todo tipo de acabado superficial sin pérdida de pulido (Quemada, n.d.)</li> <li>✓ Opción que admite uno de los acabados más seguro (flameado) según (Ministerio de Fomento / Secretaría de Estado de Infraestructuras, 2014)</li> </ul>
<b>País de origen</b>	España	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ubicación del caso de estudio. (Obra 693684, Archivo contemporáneo del ayuntamiento de Barcelona)</li> </ul>
<b>Colores</b>	Gris villa	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ideal tanto para interiores como exteriores ya que presenta un bajo grado de alteración y buenas características mecánicas (Quemada, n.d.)</li> <li>✓ Color más económico dentro de las opciones de (CYPE Ingenieros S.A., 2016)</li> </ul>
<b>Formatos</b>	60 x 40 x 2 centímetros	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Formato más económico dentro de las opciones de (CYPE Ingenieros S.A., 2016),</li> <li>✓ Formato estándar según (Eurobandas, 2002)</li> <li>✓ Espesor de las piezas suele ser dos centímetros según (de Cusa, 1987)</li> </ul>
<b>Acabados</b>	Flameado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Según (Ministerio de Fomento / Secretaría de Estado de Infraestructuras, 2014), los suelos de piedra natural con acabados rugosos como el flameado se consideran seguros para ser aplicados en cualquier zona de un edificio sin necesidad de realizar ensayos.</li> </ul>
<b>Dimensiones entre las baldosas (juntas)</b>	Sin junta, separación entre 1,5 y 3 milímetros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Según la sección SU1 punto dos del (CTE, 2006) sobre la discontinuidades en el pavimento para limitar el riesgo de caídas como consecuencia de tropiezos, una de las condiciones que se deben cumplir es que este no tendrá juntas que presenten un resalto de más de cuatro milímetros.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Luego de seleccionar las características más factibles para una vivienda, tomando en cuenta el factor económico, los materiales tienen las siguientes especificaciones en la partida de solado de baldosas de granito obtenida (Tabla 23)

Tabla 23: Descripción y precio de los materiales en la partida del pavimento de piedra natural.

Solado de baldosas de <b>granito Gris Villa</b> , para interiores, <b>60x40x2</b> cm, acabado <b>flameado</b> , recibidas con <b>mortero de cemento M-5</b> y rejuntadas con <b>mortero de juntas cementoso, CG1</b> , para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), con la misma tonalidad de las piezas.		
Descomposición	Unidad	Precio partida
Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m <sup>3</sup> de cemento y una proporción en volumen 1/6.	M <sup>3</sup>	3,69
Baldosa de granito nacional, Gris Villa, 60x40x2 cm, acabado flameado, según UNE-EN 12058.	M <sup>2</sup>	31,55
Mortero de juntas cementoso, CG1, para junta mínima entre 1,5 y 3 mm, según UNE-EN 13888.	KG	0,11
<b>Precio total de los materiales de la partida</b>		<b>35,35 euros por cada metro cuadrado (M<sup>2</sup>)</b>

Fuente: Generador de precios. España. (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

#### 6.4. Programa informático de simulación de residuos Net Waste Tool (NWT)

El cálculo de residuos a generar con las tres alternativas de materiales seleccionadas y detalladas en capítulo anterior, en la partida de pavimentos del proyecto piloto Córcega 517, se realizará con la herramienta informática en línea Net Waste Tools (NWT), con el objetivo de determinar a partir de los resultados e informes obtenidos cuál es el material de pavimento más adecuado para la vida útil del edificio y para la mínima generación de residuos ((WRAP), 2009)

Net Waste Tools (NTW) es una herramienta informática en línea de libre acceso por la página web [www.wrap.org.uk/nwtool](http://www.wrap.org.uk/nwtool), desarrollada por el Programa de Acción de Residuos y Recursos (WRAP, 2015) y dirigida a clientes, equipos de diseño y contratistas; sus funciones son:

- Combinar el análisis de contenido reciclado de los materiales y el análisis de los residuos;
- Calcular los posibles residuos a generar en cada una de las partidas de un proyecto de nueva construcción, rehabilitación o infraestructura, para

mejorar el contenido de reciclado y cuantificar los residuos del proyecto en general;

- Calcular los costos y cantidades de residuos;
- E identificar las estrategias más adecuadas para mejorar el rendimiento.

Estas funciones ayudaran a:

- Generar los pronósticos de desechos necesarios para un plan de gestión de residuos.
- Reducir los costos de construcción al desperdiciar menos material.
- Definir acciones para un Plan de Gestión de Residuos.
- Optimizar la elección de los contenedores.
- Reutilizar la mayor cantidad de materiales en la construcción y optar por productos con mayor contenido de reciclado.
- Evaluar el rendimiento para reducir los residuos a los vertederos.

En general, con esta herramienta informática dirigida a clientes, equipos de diseño y contratistas se busca ahorrar costes en el material y en la eliminación desde los principios de diseño ((WRAP), 2009)) (Sweett, 2008)

Por otro lado, la herramienta Net Waste (NW) ha sido diseñada para que por medio de páginas web sencillas se introduzca la información básica del proyecto y de los materiales a utilizar para obtener el análisis de la gestión de residuos y materiales reciclados. Resaltando que la herramienta cuenta con módulos de evaluación independientes para cada tipo de proyecto (Construcción nueva, rehabilitación e infraestructuras), es decir, la base de datos de esta herramienta se adapta a las especificaciones de cada proyecto.

Una vez introducida esta información la herramienta estima los niveles de desperdicio en base a cualquiera de los valores del componente del material desperdiciado. Luego de determinar esto, el usuario puede identificar las acciones específicas para reducir los niveles de residuos generados y clasificar la información para cualquiera de los valores de los materiales desechados (Sweett, 2008)

En este mismo orden, a continuación se enumeran los pasos a seguir en la herramienta Net Waste y se detallan los datos particulares de cada proyecto a analizar en este trabajo:

- **PASO 1: Acceder**

Existen dos formas de acceder a la página web de la herramienta: la primera es por medio del enlace <http://www.wrap.org.uk/content/net-waste-tool-0> siguiendo los pasos mostrados en la figura 26 y la segunda es directo con el enlace <http://nwtool.wrap.org.uk/Home.aspx>. Una vez se está en dicha página se crea un usuario con el que se accederá, registrando los datos personales que se exigen.



## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

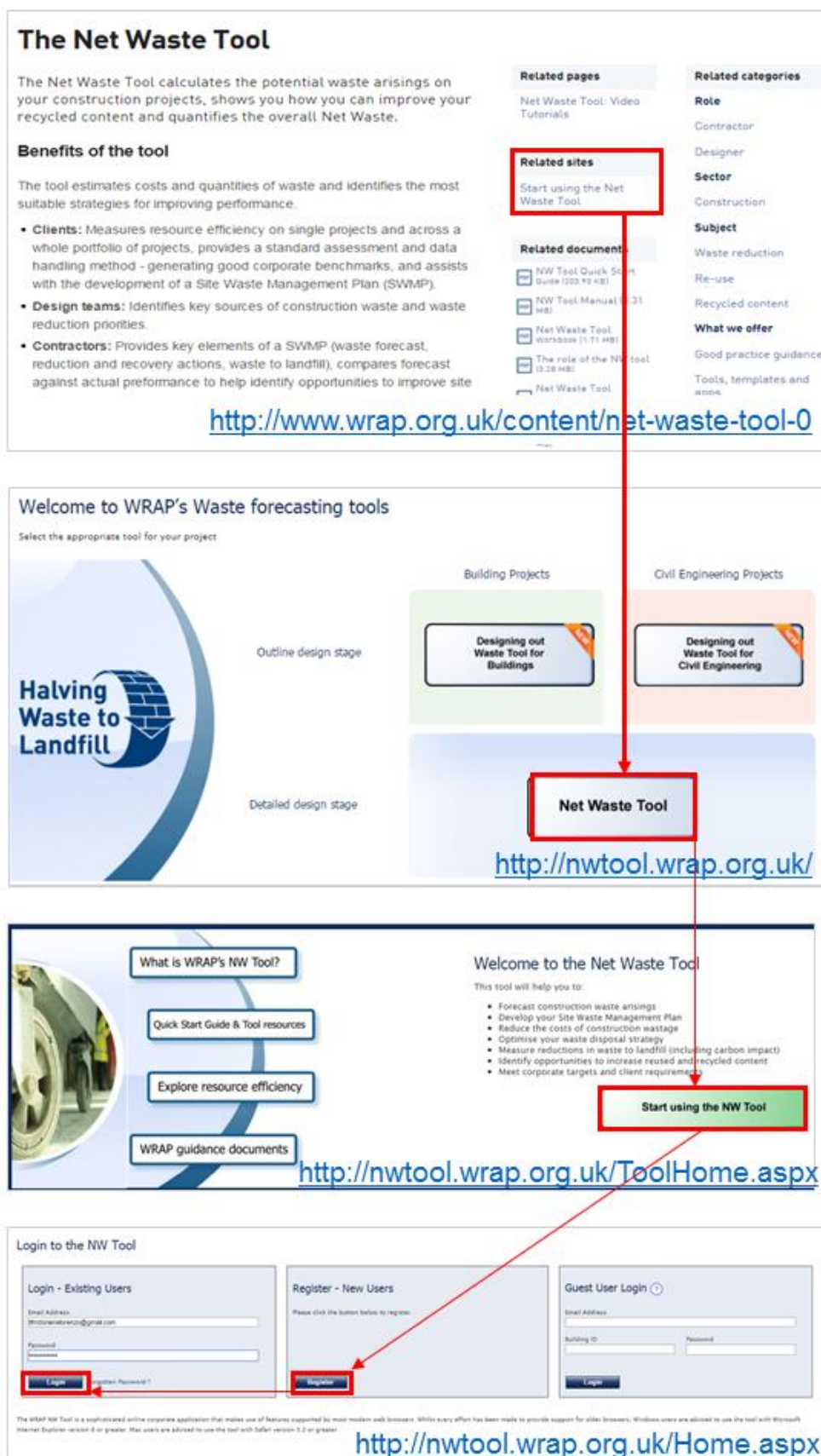


Figura 26: Pasos para acceder a la herramienta.

Fuente: ((WRAP), 2009)

- **PASO 2: Crear un nuevo proyecto**

Después de identificarse con el usuario creado, la siguiente página en aparecer es la de “Mis proyectos” (My Projects), donde se accede a los proyectos creados, a los proyectos ejemplos de la herramienta y a los reportes corporativos.

Pero para acceder a un proyecto primero hay que crearlo, y en esta misma página de “My Projects” existen varias formas de crear un proyecto que se explican en la siguiente tabla 24.

*Tabla 24: Alternativas para crear un nuevo proyecto*

Opción	Proceso
1. Crear un nuevo proyecto.	Seleccionar la opción “Add New Project” localizada en el menú superior derecho de la página “My projects”
2. Editar un proyecto existente.	Al seleccionar el nombre de un proyecto existente (creado con anterioridad por el mismo usuario) aparece la página principal de este, donde está la opción de editar los detalles y adaptarlos al nuevo proyecto. O en la misma página de “My projects” se selecciona la opción de usar como plantilla de este mismo proyecto existente.
3. Crear una nueva versión de un proyecto existente.	Acceder a la pestaña “Example Projects”, donde se encuentran una lista de proyectos proporcionados por la herramienta y usar como plantilla uno de estos proyectos existentes que se acerque a los requerimientos del nuevo proyecto, es decir, se creará uno nuevo a partir de los datos de un ejemplo de proyecto.
4. Crear un esquema con múltiples proyectos.	Acceder a la pestaña “My Schemes”, añadir un nuevo esquema, entrar a la descripción de este y elegir los proyectos a agregar.

Fuente: (Sweett, 2008)

En la figura 27 se marcan las distintas opciones descritas en la tabla anterior (Tabla 24) disponibles en la página “My Projects” de la herramienta.



## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

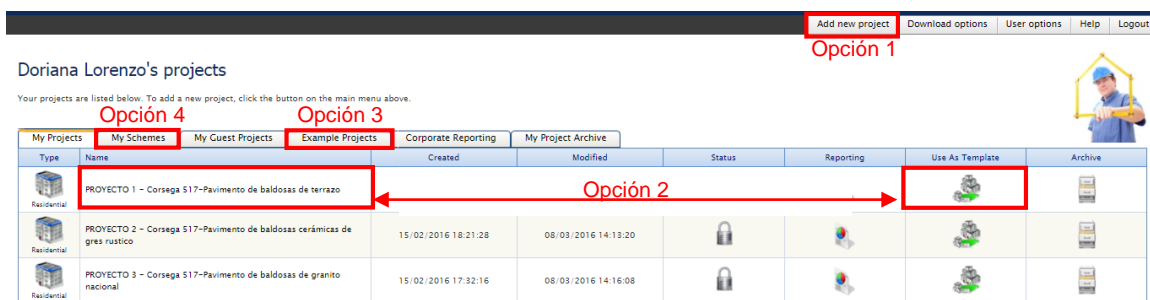


Figura 27: Opciones en la página “My Projects” para crear un nuevo proyecto

Fuente: ((WRAP), 2009)

De las cuatro opciones anteriores la elegida para crear un proyecto en este trabajo es la opción uno: seleccionar la pestaña “Añadir nuevo proyecto” (Add new project) localizada en el menú superior derecho de la página “My Projects”, con la que se accede a la ventana mostrada en la figura 28.

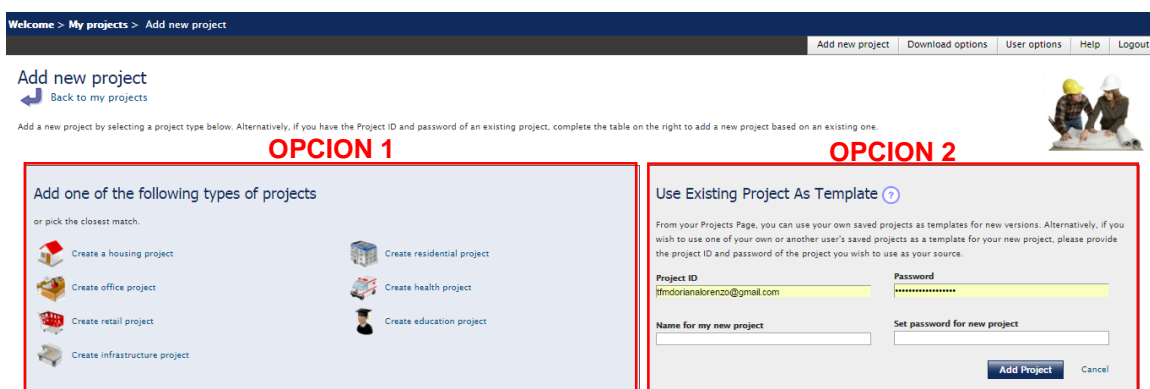


Figura 28: Opciones en la página “Add new project” para crear un nuevo proyecto

Fuente: ((WRAP), 2009)

Una vez en la página de “Añadir nuevo proyecto” (Add new project) existen dos opciones para crear un proyecto nuevo: la primera opción es desde cero seleccionando el tipo de proyecto de construcción a ejecutar dentro de diez tipos disponibles (vivienda, residencial, oficina, comercio, salud, educación, restauración, infraestructura, trabajos externos u otros); y la segunda opción es usar como plantilla un proyecto existente, es decir seleccionar un conjunto de datos de un proyecto existente para un nuevo proyecto creando una copia con un nuevo nombre. Estos proyectos existentes a tomar como plantilla pueden pertenecer al

usuario registrado u otro usuario lo que implica introducir la identificación y la contraseña del proyecto deseado.

Luego de conocer las dos opciones existentes dentro de la ventana “Add new Project”, en el caso particular de este trabajo se elige la primera opción de seleccionar el tipo de proyecto a realizar, seguido de esta selección aparece la ventana “Project details” dividida en tres secciones (Figura 29) que componen la información inicial del proyecto y de cada uno de sus elementos; este conjunto de datos ayudan a describir el proyecto, sus dimensiones y los individuos involucrados en la gestión de residuos y el programa de construcción.

The image shows a screenshot of a web application interface titled "Project details". At the top left, there is a link "Cancel & back to my projects" and a small icon of a measuring tape. The main content area is divided into three sections, each highlighted with a red border and a number:

- 1 General Details**: This section contains various input fields for project information. It includes fields for "Project name", "Building location", "Project Description", "Project start date" (set to March 2016), "Gross Internal Floor Area (m²)", "Project password", "Project Phase" (set to Initial), "Recycled content target (%)", "Projected construction cost (£)", "Created" (Project not yet created), "Modified" (Project not yet updated), and "Project ID" (Not yet allocated). There are also checkboxes for "Does this project include demolition?", "Does this project include excavation?", "Does this project include strip-out?", and "Does this project include external works?".
- 2 Project Timeline**: This section is currently empty.
- 3 Project Quantities**: This section is currently empty.

Figura 29: Secciones de la ventana "Project details"

Fuente: ((WRAP), 2009)

Estas tres secciones que componen la ventana “Project details” son:

- 1. Información General**, primera sección (Aplicable para todos los tipos de proyectos) donde se registran los datos básicos del proyecto como nombre, ubicación, etc.; la información mínima requerida es el nombre, ubicación, contraseña y coste del proyecto. Dentro de esta información el costo del proyecto es uno de los datos más importantes ya que tiene influencia sobre los resultados del análisis de residuos (Figura 30)

## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

**General Details** ⓘ

Project name:

Add your own project ref (optional):

Building location:

Project password ⓘ:  Project Phase ⓘ: Initial

Project Description:

Project start date: January 2016

Gross Internal Floor Area (m<sup>2</sup>) ⓘ:

Recycled content target (t):

Projected construction cost (£) ⓘ:

Created: Project not yet created

Modified: Project not yet updated

Project ID ⓘ: Not yet allocated

☐ Does this project include demolition?

☐ Does this project include excavation?

☐ Does this project include strip-out?

☐ Does this project include external works?

Figura 30: Sección 1 (Detalles generales del proyecto) en la ventana “Project details”

Fuente: ((WRAP), 2009)

En la siguiente tabla 25 se detallan los nombres de los proyectos a crear, el tipo de proyecto seleccionado, su localización, descripción y coste.

Tabla 25: Proyectos creados a analizar.

Nombre del proyecto	Tipo de proyecto	Localización	Descripción	Costo
Proyecto 1: Córcega 517/ Pavimento de baldosas cerámicas de terrazo.	Residencial (Residential Project)	Barcelona, España	Edificio residencial de nueve plantas de cuatro viviendas cada una y un sobreático de dos viviendas.	55'247600 euros.
Proyecto 2: Córcega 517/ Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico.				62'855850 euros.
Proyecto 3: Córcega 517/ Pavimento de baldosas de granito nacional.				114'193980 euros.

Fuente: Elaboración propia a partir del procedimiento en la herramienta NW

El costo se obtiene de las partidas generadas en (CYPE Ingenieros S.A., 2016) multiplicadas por el superficie del caso de estudio (2.341 M<sup>2</sup>) y luego por mil, ya que la herramienta no reconoce datos menores; aclarando que al final una vez

obtenido los reportes se debe dividir los resultados entre el mismo valor que se ha multiplicado para obtener los resultados reales.

Se puede observar que los tres proyectos presentan informaciones generales iguales (tipo de proyecto, localización, descripción) pero nombres y costos distintos que se ajustan a las partidas generadas en (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

**2. Programación del proyecto (Project Timeline)**, segunda sección donde se especifica el mes de inicio y fin de cada elemento del proyecto, con el fin de generar un programa de construcción aproximado que estime el tiempo de ejecución y los materiales presentes en los componentes seleccionados en cada elemento de construcción. La información de esta sección ayuda a estimar el tiempo en que se utilizan los distintos materiales para conocer la producción de residuos en un momento específico.

En esta sección se selecciona el elemento de enfoque de este trabajo *“Walls, Floors and Ceilings – finishes”* dentro de la pestaña *“Building elements”*, pero no se especifica una fecha en concreto ya que no es el alcance de este trabajo (Figura 31)

**Project Timeline**

Please select those elements that will form part of your project and then enter a projected start and end period for each element.

**Select all elements** **Deselect all elements**

**Building elements** **External works elements**

Element	Start month	Start year	End month	End year
<input type="checkbox"/> Demolition	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Excavation	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Stripout	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Substructure	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Frame	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Floors	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Roof	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Stairs	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> External Walls	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Windows and External Doors	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Internal Walls	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Internal Doors	March	2016	March	2016
<input checked="" type="checkbox"/> Walls, Floors and Ceilings – finishes	January	2016	April	2016
<input type="checkbox"/> IT FF&E	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Services	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Balconies	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Bathrooms / Toilets	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Kitchens & Laundry	March	2016	March	2016
<input type="checkbox"/> Distribution	March	2016	March	2016

Figura 31: Sección 2 (Programación del proyecto) en la ventana “Project details”

Fuente: ((WRAP), 2009)

**3. Cantidades del proyecto (Project Quantities)**, estimar de forma detallada la cantidad de materiales necesarios para los diferentes elementos del proyecto en base a un número limitado de dimensiones tales como el área interna del

suelo, área de las ventanas, número de plantas, etc. Esta sección puede variar según el tipo de edificio seleccionado.

De los datos requeridos en esta sección solo se toma en cuenta el “Area of Floor finish (m<sup>2</sup>)”, pero no se complete en ninguno de los proyectos a ejecutar en este trabajo porque al colocar alguna información en este punto marcado en la figura 32, la herramienta asume el dato para todos los componentes del elemento suelos del proyecto y para este trabajo solo se editara un componente dentro de la subdivisión “Floors” del elemento “*Walls, Floors and Ceilings – finishes*”

Figura 32: Sección 3 (Cantidades del proyecto) en la ventana “Project details”

Fuente: ((WRAP), 2009)


A partir del conjunto de datos introducidos en las secciones anteriores se configura y analiza el tipo de proyecto seleccionado. Aclarando que estos pueden ser modificados en cualquier momento en la página principal de cada proyecto (Paso 3)

Para realizar el estudio comparativo de este trabajo se deben crear tres proyectos separados en el mismo orden en que se crearon las partidas en el generador de precios (CYPE Ingenieros S.A., 2016) (Subcapítulo 6.3), con un elemento en común que es el caso de estudio descrito en el subcapítulo 6.1 (Edificio residencial Córcega 517) pero partidas de suelos distintas ajustadas a las características de cada una de las alternativas de materiales de pavimentos seleccionados, es decir, el proceso detallado en el paso dos se realiza tres veces.

A medida que se crean los proyectos, estos se van ordenando en la página de “My projects” por tipo de edificio, nombre o fecha en que fueron creados o modificados. Donde además cada uno opta por alternativas como acceder a la página principal seleccionando el nombre, generar informes, archivarlos y utilizar un proyecto existente como plantilla para uno nuevo, lo que crea una copia del existente con los mismos datos pero con un nuevo nombre (Figura 33)

Doriana Lorenzo's projects

Your projects are listed below. To add a new project, click the button on the main menu above.















My Projects		My Schemes	My Guest Projects	Example Projects	Corporate Reporting	My Project Archive				
Type	Name	Created		Modified		Status	Reporting	Use As Template	Archive	
Residential	PROYECTO 1 - Corsega 517-Pavimento de baldosas de terrazo	11/02/2016 13:20:19		08/03/2016 14:20:18						
Residential	PROYECTO 2 - Corsega 517-Pavimento de baldosas cerámicas de gres rustico	15/02/2016 18:21:28		08/03/2016 14:13:20						
Residential	PROYECTO 3 - Corsega 517-Pavimento de baldosas de granito nacional	15/02/2016 17:32:16		08/03/2016 14:16:08						

Figura 33: Proyectos creados a analizar y comparar.

Fuente: ((WRAP), 2009)

- **PASO 3: Modificar los componentes de cada proyecto.**

Cada proyecto tiene su propia “página de inicio” a la que se accede seleccionando el nombre del proyecto en la pantalla “My projects”. Desde esta “página de inicio” que tiene cada proyecto se accede a los detalles del proyecto, tablas de resultados, informes generados y datos reales de residuos generados; estas opciones están agrupadas en secciones que cumplen una función en la herramienta (Figura 34)

Estas secciones son:

1. **Análisis del proyecto**, cuenta con opciones para realizar un análisis del proyecto a través de los residuos generados de cada componente.
2. **Detalles del proyecto**, muestra un resumen y permite editar la información general introducida al crear el proyecto (Paso 2)
3. **Desempeño del proyecto**, control del proyecto como el peso de residuos generados y el peso de los residuos destinados a los vertederos por cada cien mil euros (t / € 100k)
4. **Gráficos**, resumen actualizado a medida que se accede a las diferentes funciones y se modifican sus características; este resumen lo componen cuatro gráficos que indican la cantidad de producción de residuos (toneladas), contenido de reciclado (por ciento), residuos destinados a vertederos (toneladas) y costos de los desechos (euros) en la gestión Estándar, Deseada

y Mejorada que se van generando a medida que se añaden o modifican los componentes.

5. **Gestión del proyecto (Manage Project)**, en esta sección se observan los componentes seleccionados, se obtienen tablas de resultados, se generan informes o se cargan datos reales de los residuos de la herramienta.

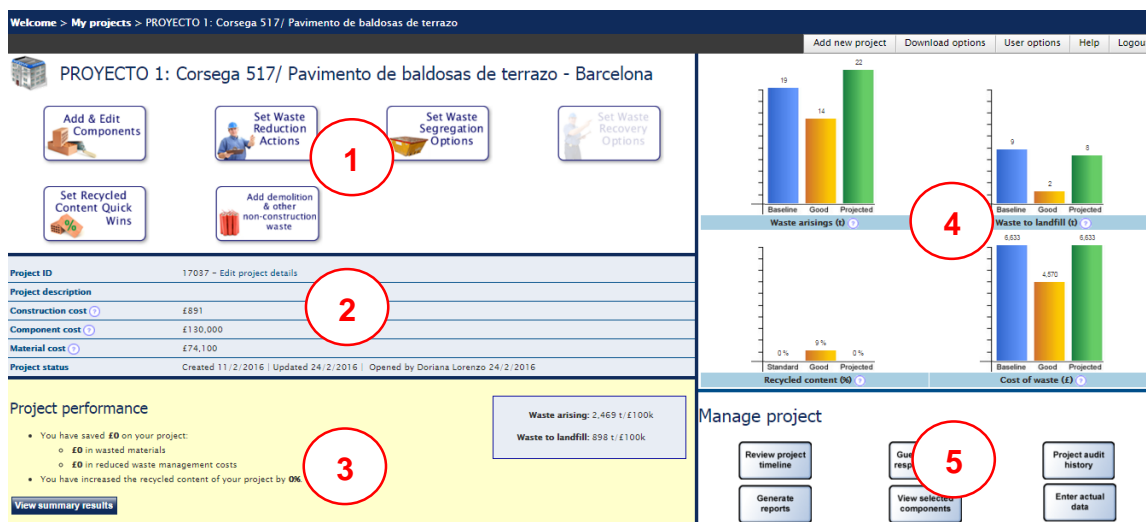


Figura 34: Opciones de la pantalla de inicio de cada proyecto

En la sección uno (Análisis de proyectos) de esta página de inicio se encuentran todas las etapas de análisis de residuos de un proyecto. Por tanto la sección uno enfocada al análisis del proyecto será la que se modificara y la sección cinco enfocada en la gestión del proyecto es donde se obtendrán los resultados a analizar.

Para que la herramienta pueda estimar los residuos a generar por cada componente hay que indicar que materiales y cantidades de estos están incluidos en la especificación de cada componente, esto ayudara a establecer medidas para reducir la producción de residuos, opciones de segregación y recuperación de residuos.

Para esto hay que dirigirse la opción “añadir o modificar componente” (Add & Edit Components) localizada en la parte superior izquierda de la “página de inicio” (Sección 1) como se muestra en la figura 35. Esta es la opción clave de la herramienta donde el usuario introduce las especificaciones del proyecto.

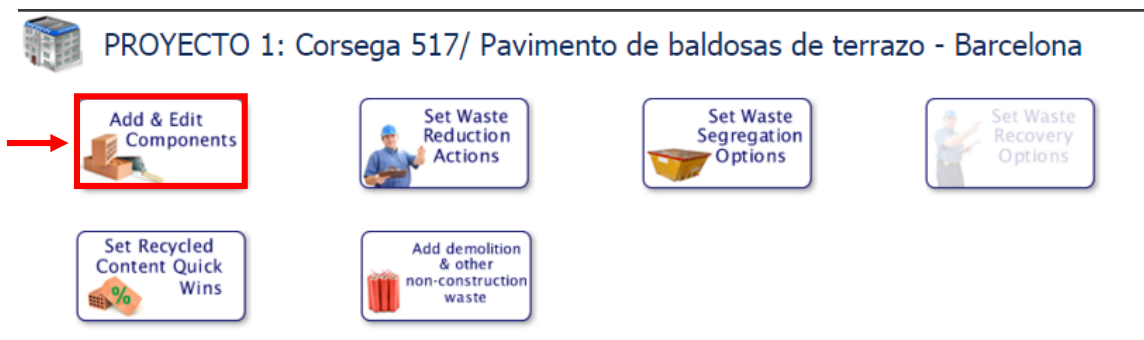


Figura 35: Página de inicio de los proyectos en la herramienta NW.

Fuente: ((WRAP), 2009)

Esta página “Add and edit components” se estructura de la siguiente forma (Figura 36)

1. **Añadir un componente nuevo.**
2. **Elegir la categoría de elementos** (Elementos de edificios o de trabajos externos) y mostrar información adicional del componente en la barra de datos (Contenido de reciclado, Precio de los residuos y del componente)
3. **Clasificación de la categoría de elementos elegidos** (Subestructura, suelos, cubiertas, escaleras, paredes externas, etc.)
4. **Barra de información del componente**, datos que muestra la pantalla en relación al componente, tales como: descripción de componentes, cantidad predeterminada calculada por la herramienta u introducida por el usuario.
5. **Desglose de los componentes por tipo de elementos.**

La herramienta permite la selección de forma individual de los componentes, los cuales se clasifican por elemento. Los elementos se muestran como fichas y los componentes debajo de sus respectivas categorías.



## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

**Add and edit components**  
 Save & back to project homepage  
 Select the material components that make up your project from the options below. By clicking on the name of each material element you will find more detailed specification options.

**1** Components are automatically saved to your project when you click to move through the element tabs below. You can save your current view at any time however by clicking Save at the bottom of this page.  
 If you cannot find a component which matches your requirements, click to add your own component.  
 Add my own components Download / Upload components

**2** **Elements**  
☒ Building elements  
☐ External works elements  
 You can add External Works to your project on the Project Details screen.  
**Show additional information**  
☒ Recycled content  
☐ Wastage rates  
☐ Component rates

**3** Substructure Frame Floors Roof Stairs External Walls Windows and External Doors Internal Walls Internal Doors Walls, Floors and Ceilings – finishes IT FF&E Services Balconies  
 Bathrooms / Toilets Kitchens & Laundry Distribution

**4** Component Unit Default Qty User Qty RC Std % RC Good % RC Best % Part of an MMC assembly? Select component Site won materials Copy Delete

**5** a) Walls  
 b) Floors  
 c) Ceilings  
 d) Other floor finishes

Figura 36: Estructura de la página "Add and edit components"

Fuente: ((WRAP), 2009)

A continuación se detalla cada estructura y que opciones se eligieron para este trabajo:

**1. Añadir un nuevo componente:** existen tres formas de añadir un nuevo componente a la herramienta como se marca en la figura 37:

- Anadir mi propio componente (Add my own components), rellenando una plantilla en blanco desde cero.
- Descargar/ cargar componentes (Download/Upload components), con esta opción se descarga un archivo Excel con todos los datos que requiere un componente el cual luego de introducir la información necesaria vuelve y se carga a la herramienta
- Ver o editar (View/Edit), modificando un componente existente.

Components are automatically saved to your project when you click to move through the element tabs below.  
 You can save your current view at any time however by clicking Save at the bottom of this page.  
 If you cannot find a component which matches your requirements, click to add your own component.

Add my own components Download / Upload components

View/Edit 3.2mm thick Marmoleum; 500mm x 500mm tiles m2 0 0 5.00 24.00 37.00 ☐ ☐

Figura 37: Opciones para añadir y modificar un componente.

Fuente: ((WRAP), 2009)

Para este trabajo se elige la opción de modificar un componente ya existente que se acerque a los requerimientos de la partida a analizar. Esta opción se encuentra del lado izquierdo de cada componente.

Seleccionar cualquiera de las opciones anteriores te llevara a la ventana “Añadir/editar componente” (Add/Edit component) mostrada en la figura 38, la cual será detallada en el siguiente paso.

**Add / Edit Component**

Add / Edit component

Provide the details for the components you wish to add and click Save. When you have finished adding components close this window.

Basic details | Recycled content | Wastage | **Add new component**

**Core details**

Component Name	Rate (£ / unit)	% Materials
300 x 300 x 9mm ceramic floor tiles	£35	52 %

Category 2	Category 3	Unit	Qty
Walls, Floors and Ceilings - finis	b) Floors	m2	0

**Component dimensions**

Length (m)	Width (m)	Height (m)	Density factor (t/m³)
1.0000	1.0000	0.0055	2.0000

Volume (m³/unit)	Mass (t/unit)	Auto calculate volume and mass
0.0055	0.0110	<input checked="" type="checkbox"/>

Note: If you are modifying a default dataset component that has already been added to your project, you may need to deselect it once you have closed this screen.

Save & close | Save | Cancel

Figura 38: Ventana para editar un componente

Fuente: ((WRAP), 2009)

**2. Categorías de elementos y mostrar información adicional del componente:** existen dos categorías de elementos a elegir: elementos de edificios y de trabajos externos. Respecto a mostrar información adicional, se refiere a las informaciones que se pueden agregar a la barra de datos del componente como: el contenido de reciclado, el precio de los residuos y del componente. Se selecciona el *contenido de reciclado* y el *precio de componente*, los cuales se reflejan en la “Barra de información del componente” como se muestra en la figura 39.

**Elements**

☒ Building elements

☐ External works elements

You can add External Works to your project on the Project Details screen.

**Show additional information**

☒ Recycled content

☐ Wastage rates

☒ Component rates

Component	Unit	Rate £	Material %	Default Qty	User Qty	RC Std %	RC Good %	RC Best %	Part of an MMC assembly?	Select component	Site won materials	Copy	Delete

Figura 39: Categorías de elementos e Información adicional del componente.

Fuente: ((WRAP), 2009)

### 3. Clasificación de la categoría de elementos elegidos (Subestructura, suelos, cubiertas, escaleras, paredes externas, etc.) y desglose de los componentes por tipo de elementos.

En la figura 40 se muestran las opciones de la categoría de elementos seleccionada (Building elements) en la anterior figura 39, un menú de opciones que abarcan los diferentes elementos de una construcción (estructura vertical, horizontal, acabados, servicios, etc.), del cual sólo se seleccionará la opción de acabados “Paredes, suelos y techos” (Walls, Floors and Ceilings)

Este elemento seleccionado (Walls, Floors and Ceilings) se desglosa en cuatro sub-elementos, de los cuales solo se editará el de suelos (Floors), ya que este trabajo solo se enfoca en analizar la partida de pavimentos de una construcción.

Substructure	Frame	Floors	Roof	Stairs	External Walls	Windows and External Doors	Internal Walls	Internal Doors						
		<b>Walls, Floors and Ceilings – finishes</b>	IT FF&E	Services	Balconies	Bathrooms / Toilets	Kitchens & Laundry	Distribution						
		Component		Unit	Default Qty	User Qty	RC Std %	RC Good %	RC Best %	Part of an MMC assembly?	Select component	Site won materials	Copy	Delete
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ a) Walls</li> <li>▶ <b>b) Floors</b></li> <li>▶ c) Ceilings</li> <li>▶ d) Other floor finishes</li> </ul>														

Figura 40: Elementos, Sub-elementos y componentes de la herramienta.

Fuente: ((WRAP), 2009)

Al seleccionar la opción “b) Floors” se despliega un listado de componentes ya creados, de los cuales se seleccionaran y editaran los que tengan semejanza con

la partidas creadas; su modificación se realiza en la ventana que aparece al seleccionar la opción “View/Edit” a la izquierda del componente (Figura 37 y 38)

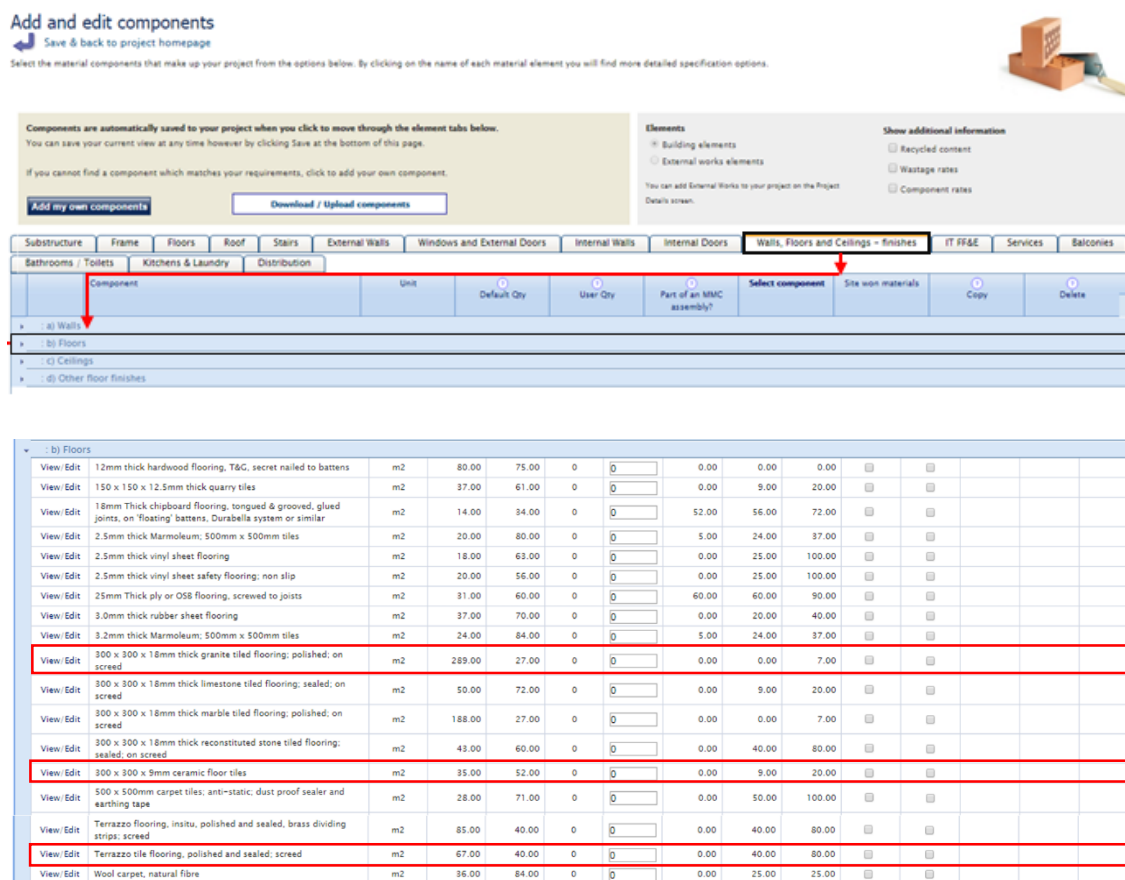


Figura 41: Selección del elemento de la construcción a modificar.

Fuente: ((WRAP), 2009)

Los tres pasos anteriores se realizaran de igual forma para los tres proyectos creados, y a partir del paso cuatro se detallará la información a introducir en el componente a editar de cada proyecto marcados en la figura 41.

#### • PASO 4: Introducir información en el componente de cada proyecto.

Para añadir o modificar un componente se deben introducir tres tipos de datos: los básicos (Nombre, categoría, subcategoría, precio, dimensiones, etc.), el contenido de reciclado y el desperdicio de la partida de pavimento de cada uno de los proyectos. A continuación se describe que datos requiere cada subdivisión:

#### • Datos Básicos (Basic Details)

La datos básicos del componente (pavimento) de cada proyecto se dividen en detalles esenciales (Categoría, subcategoría, nombre, precio en euro por unidad,

porcentaje de materiales en la partida, y unidad de cálculo) y dimensiones (Longitud, anchura, espesor, densidad, volumen y masa)

En la siguiente tabla 26 se detalla que se requiere de cada uno:

*Tabla 26: Información básica del componente*

<b>Detalles Básicos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Nombre del componente (Component Name)</b>	Nombre detallado del nuevo componente, es decir, datos que identifiquen el nuevo componente.
<b>Elementos (Category 2)</b>	Dentro de la lista desplegable elegir dentro de que categoría de elementos pertenece este nuevo componente.
<b>Sub-elemento (Category 3)</b>	Dentro de la lista desplegable elegir a que sub-elemento pertenece el nuevo componente.
<b>Unidad de medida (Unit)</b>	Seleccionar la unidad de medida en la que se trabajaran las dimensiones del componente (M, M <sup>2</sup> , M <sup>3</sup> , T, etc.)
<b>Cantidad (Quantity)</b>	Superficie del sub-elemento en el proyecto.
<b>Precio (Rate)</b>	Precio total de la partida (no solo de los materiales)
<b>Porcentaje de material (% materials)</b>	Qué porcentaje del precio pertenece al material
<b>Dimensiones</b>	Longitud, anchura, altura y densidad del nuevo componente (Por unidad de medida); el volumen y la masa los calcula la herramienta de forma automática al introducir las dimensiones mencionadas.

Fuente: (Sweett, 2008)

Estos datos que se deben introducir en la ventana “Add/ Edit Component” sección “Basic Details” de la herramienta Net Waste (Figura 42) son desglosados en la siguiente tabla 27, y se obtienen de las partidas de pavimentos de baldosas de terrazo (Figura 43), de baldosas cerámicas de gres rústico (Figura 44) y de baldosas de granito nacional (Figura 45) generadas en (CYPE Ingenieros S.A., 2016), de las cuales solo se toman en cuenta los materiales, sus especificaciones y el precio de cada uno.

Add / Edit Component

Add / Edit component

Provide the details for the components you wish to add and click Save. When you have finished adding components close this window.

Basic details

Recycled content

Wastage

Add new component

Core details

Component Name

Baldosas de terrazo

Rate (£ / unit)

£13

% Materials

57 %

Category 2

Walls, Floors and Ceilings - fi

Category 3

b) Floors

Unit

m2

Qty

10,000

Component dimensions

Length (m)

1.0000

Width (m)

1.0000

Height (m)

0.0900

Density factor (t/m<sup>3</sup>)

0.1786

Volume (m<sup>3</sup>/unit)

0.0900

Mass (t/unit)

0.0161

Auto calculate volume and mass

☒

Note: If you are modifying a default dataset component that has already been added to your project, you may need to deselect it once you have closed this screen.

Save & close

Save

Cancel

Figura 42: Ventana de los datos básicos del componente en la herramienta.

Fuente: ((WRAP), 2009)


Tabla 27: Datos básicos de los componentes de los proyectos creados

Componente (Nombre)	Sub-categoría	Categoría	Unidad de cálculo (M <sup>2</sup> )	Cantidad de superficie	Precio (€/und)	Porcentaje
Pavimento de baldosas de terrazo 40 x 40 x 4 cm (Proyecto 1)	b) Suelos (Floors)	Paredes, Suelos y cubiertas (Walls, Floors and Ceilings)	Metro cuadrado (M <sup>2</sup> )	2.341.000	24 €	57%
Pavimento de baldosas de gres rustico 30 x 30 x 0,7 cm (Proyecto 2)					27 €	69 %
Pavimento de baldosas de granito nacional 60 x 40 x 2 cm (Proyecto 3)					49 €	72 %

Fuente: Elaboración propia a partir de la partida generada en (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

A la herramienta solo asumir números enteros, los precios de las partidas generadas expresados en decimales se redondean a una cifra siguiente. De 23,60 a 24 en el componente “Pavimento de baldosas de terrazo; de 26,85 a 27 en el

110

 creative commons

## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

componente “Pavimento de baldosas de gres rustico”; y de 48,78 a 49 euros en el componente “Pavimento de baldosas de granito nacional”

Asimismo, la cantidad de superficie real es 2.341 M<sup>2</sup>, pero para que herramienta pueda reflejar los resultados, se debe multiplicar este valor por 1000, siendo 2.341.000 para la herramienta. De la misma forma para obtener los resultados finales reales, los datos de los reportes se dividen por el mismo factor (1000)

RSC010 m² Solado de terrazo.		<b>Precio total de la Partida</b> → 23,60			
Solado de baldosas de terrazo grano medio (entre 6 y 27 mm), clasificado de uso normal para interiores, 40x40 cm, color beige, colocadas a golpe de maceta sobre lecho de mortero de cemento, industrial, M-5 y rejuntadas con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 coloreada con la misma tonalidad de las baldosas.					
Descompuesto	Ud	Descripción	Rend.	Precio unitario	Precio partida
mt08aaa010a	m²	Agua.	0,011	1,30	0,02
mt09mf010ca	t	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-5 (resistencia a compresión 5 N/mm²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	0,080	32,25	1,94
mt18bt010mc	m²	Baldosa de terrazo para interior, uso normal, grano medio (entre 6 y 27 mm), formato nominal 40x40 cm, color beige, con un primer pulido en fábrica, para pulido y abrillantado final en obra, según UNE-EN 13748-1.	1,050	10,25	10,76
mt08cem040a	kg	Cemento blanco BL-22,5 X, para pavimentación, en sacos, según UNE 80305.	1,000	0,14	0,14
mt18bt100	kg	Color o borada para pavimento de baldosas de terrazo.	0,500	1,15	0,58
mo023	h	Oficial 1º solador.	0,192	17,24	3,31
mo061	h	Ayudante solador.	0,354	16,13	5,71
	%	Medios auxiliares	2,000	22,46	0,45
	%	Costes indirectos	3,000	22,91	0,69
Coste de mantenimiento decenal: 2,12€ en los primeros 10 años.			<b>Total:</b>		23,60

Figura 43: Partida de pavimento de baldosas de terrazo generada en CYPE

Fuente: Generador de precios, España (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

RSG011 m <sup>2</sup> Solado de baldosas cerámicas con mortero de cemento como material de agarre.		<b>Precio total de la Partida</b> → 26,85€			
Solado de baldosas cerámicas de gres rústico, 3/2/H/-, de 30x30 cm, 15,13 €/m <sup>2</sup> , recibidas con mortero de cemento blanco BL-II/A-L 42,5 R M-5 de 3 cm de espesor y rejuntadas con mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), con la misma tonalidad de las piezas.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
mt09mob010a	m <sup>2</sup>	Mortero de cemento blanco BL-II/A-L 42,5 R, tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m <sup>3</sup> de cemento y una proporción en volumen 1/6.	0,030	88,34	2,65
mt18bc010kra1513	m <sup>2</sup>	Baldosa cerámica de gres rústico 3/2/H/-, 30x30 cm, 15,13€/m <sup>2</sup> , según UNE-EN 14411.	1,050	15,13	15,88
mt09mc070c	kg	Mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta mínima entre 1,5 y 3 mm, según UNE-EN 13888.	0,100	0,99	0,10
mo023	h	Oficial 1º solador.	0,273	17,24	4,71
mo061	h	Ayudante solador.	0,137	16,13	2,21
	%	Medios auxiliares	2,000	25,56	0,51
	%	Costes indirectos	3,000	26,07	0,78
Coste de mantenimiento decenal: 4,56€ en los primeros 10 años.			<b>Total:</b>		26,85

Figura 44: Partida de pavimento de baldosas cerámicas de gres rustico generada en CYPE

Fuente: Generador de precios, España (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

RSP011		m <sup>2</sup>	Solado de piedra natural con mortero de cemento como material de agarre.		<b>Precio total de la Partida</b> → 48,78€		
Solado de baldosas de granito Gris Villa, para interiores, 60x40x2 cm, acabado flameado, recibidas con mortero de cemento M-5 y rejuntadas con mortero de juntas cementoso, CG1, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), con la misma tonalidad de las piezas.							
Descompuesto		Ud	Descripción		Rend.	Precio unitario	Precio partida
mt09mor010c		m <sup>2</sup>	Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m <sup>3</sup> de cemento y una proporción en volumen 1/6.		0,032	115,30	3,69
mt18bgn010nq		m <sup>2</sup>	Baldosa de granito nacional, Gris Villa, 60x40x2 cm, acabado flameado, según UNE-EN 12058.		1,050	30,05	31,55
mt09mc060c		kg	Mortero de juntas cementoso, CG1, para junta mínima entre 1,5 y 3 mm, según UNE-EN 13888.		0,150	0,70	0,11
mo023		h	Oficial 1º solador.		0,332	17,24	5,72
mo061		h	Ayudante solador.		0,332	16,13	5,36
		%	Medios auxiliares		2,000	46,43	0,93
		%	Costes indirectos		3,000	47,36	1,42
Coste de mantenimiento decenal: 4,39€ en los primeros 10 años.					<b>Total:</b>		48,78

Figura 45: Partida de pavimento de baldosas de granito nacional generada en CYPE

Fuente: Generador de precios, España (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Los datos específicos como el precio en euro por unidad y el porcentaje que representan los materiales en la partida, expuestos en la tabla anterior (tabla 27), se obtienen a partir del precio total, que representa el cien por ciento, de cada una de las partidas anteriores (Figuras 43, 44 y 45) generadas en (CYPE Ingenieros S.A., 2016) y el de sólo los materiales, que representa entre un cincuenta y siete y un setenta y tres por ciento según la partida. En la tabla 28 se resumen los tres componentes (Pavimento de baldosas de terrazo, pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico y pavimento de baldosas de granito nacional) con su precio total de partida y de materiales junto al porcentaje que representa respecto al total.

Tabla 28: Cálculo del precio y porcentaje de materiales

Proyecto Córcega 517	Componente	Precio partida (€)		Porcentaje (%)		
		Total	Materiales	Total	Materiales	Redondeo
1	Pavimento de baldosas de terrazo	23,60	13,44	100 %	56,94 %	57%
2	Pavimento de baldosas cerámicas de gres rustico	26,85	18,64	100%	69,42%	69%
3	Pavimento de baldosas de granito	48,78	35,35	100%	72,47%	72%

Fuente: Cálculo propio a partir de la partidas de pavimentos generada en (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Al igual que el precio del componente, para el porciento de material (% Materials) la herramienta solo asume números enteros (no decimales), por lo tanto los porcentajes se redondean a solo dos cifras.

Por otro lado, la segunda parte de los datos básicos del componente de cada proyecto son las dimensiones (Longitud, anchura, espesor, densidad, volumen y masa), las cuales se muestran en la siguiente tabla 29.



*Tabla 29: Dimensiones del componente de cada proyecto*

<b>Proyecto Córcega 517</b>	<b>Componente</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Anchura (m)</b>	<b>Espesor (m)</b>	<b>Densidad (Ton/M³)</b>
<b>1</b>	<b>Pavimento de baldosas de terrazo</b>	1,000	1,000	0,090	0,179
<b>2</b>	<b>Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico</b>	1,0000	1,000	0,037	0,050
<b>3</b>	<b>Pavimento de baldosas de granito nacional</b>	1,0000	1,0000	0,052	0,106

Fuente: Cálculo propio a partir de los datos de la partida generada en (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Para los tres proyectos (terrazo, gres rústico y granito), la dimensión de análisis del componente es un metro cuadrado. Y para saber cuántas baldosas de cada material cabían en un metro cuadrado se elaboraron las siguientes figuras que detallan cada material del componente, su área en superficie y el espesor (Figura 46, 47, 48)

En la figura 46 se muestra el esquema realizado para conocer el espesor total, el de cada material y cuántas baldosas de terrazo de cuarenta por cuarenta y juntas de dos milímetros entre cada una de ellas equivalen a un metro cuadrado de pavimento.

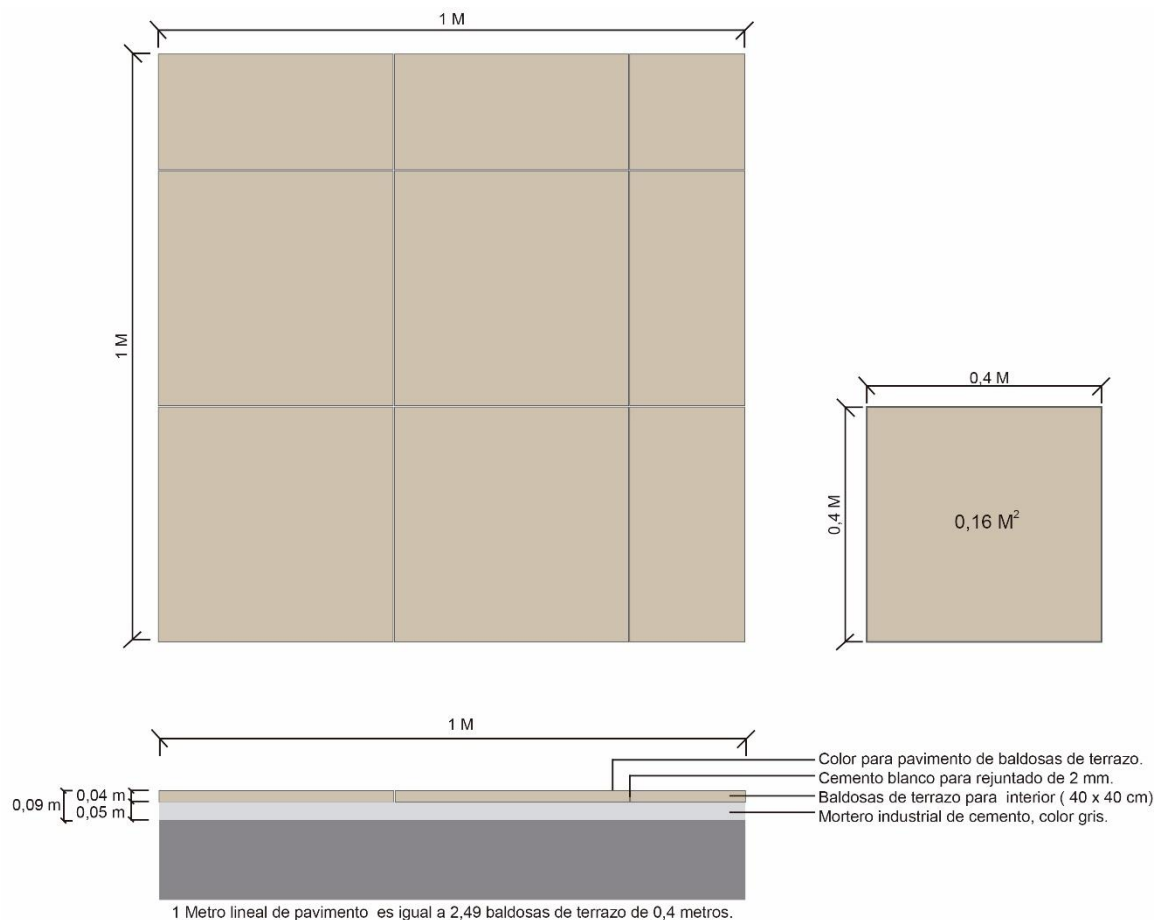


Figura 46: Esquema de un metro cuadrado de pavimento de baldosas de terrazo

Fuente: Elaboración propia a partir de la información (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

A partir del esquema realizado en la figura 46, se obtuvo que en un metro cuadrado de pavimento caben seis coma dos baldosas de terrazo de cuarenta por cuarenta centímetros (40 x 40 centímetros equivale a 0,16 metros cuadrados). Y cuatro juntas de dos milímetros (2mm), es decir, un metro cuadrado de pavimento equivale a 0,992 metros cuadrados de baldosas de terrazo de treinta por treinta centímetros y 0,008 metros cuadrados de juntas de dos milímetros.

En la figura 47 se muestra el esquema realizado para conocer el espesor total, el de cada material y cuántas baldosas cerámicas de gres rústico de treinta por treinta y juntas de dos milímetros entre cada una de ellas equivalen a un metro cuadrado de pavimento.

## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

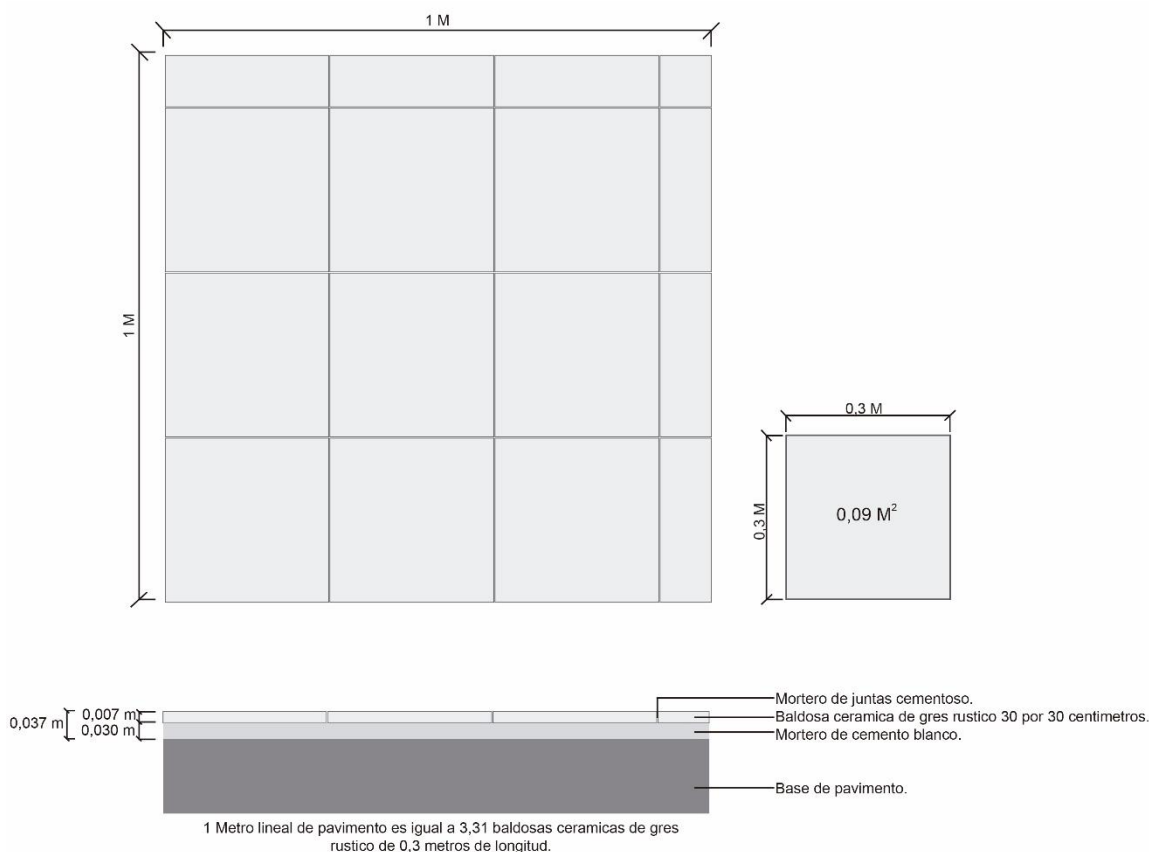


Figura 47: Esquema de un metro cuadrado de pavimento de baldosas cerámicas de gres rustico.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Y se determina que en un metro cuadrado de pavimento equivale a diez coma noventa y ocho (10,98) baldosas de cerámicas de gres rustico de treinta por treinta centímetros (30 x 30 centímetros equivale a 0,09 metros cuadrados) Y seis juntas de dos milímetros (2mm), es decir, un metro cuadrado de pavimento equivale a 0,988 metros cuadrados de baldosas cerámicas de gres rustico de treinta por treinta centímetros y 0,012 metros cuadrados de juntas de dos milímetros.

Y por último, en la figura 48 se muestra el esquema realizado para conocer el espesor total, el de cada material y cuántas baldosas de granito nacional de sesenta por cuarenta y juntas de dos milímetros entre cada una de ellas equivalen a un metro cuadrado de pavimento.

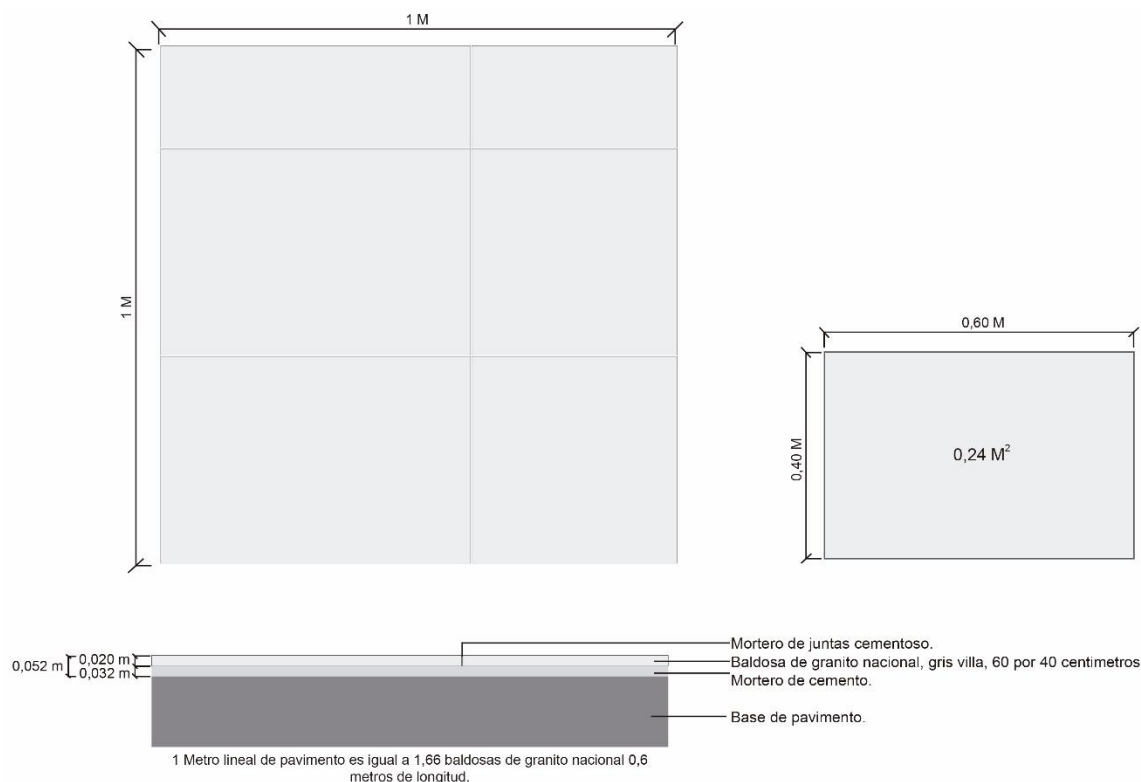


Figura 48: Esquema de un metro cuadrado de pavimento de baldosas de granito nacional.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

Y se determina que un metro cuadrado de pavimento equivale a cuatro coma catorce (4,14) baldosas de granito de sesenta por cuarenta centímetros (60 x 40 centímetros equivale a 0,24 metros cuadrados) Y tres juntas de dos milímetros (2mm), es decir, en un metro cuadrado de pavimento equivale a 0,994 metros cuadrados de baldosas de granito de sesenta por cuarenta centímetros y 0,006 metros cuadrados de juntas de dos milímetros.

Luego de determinar los datos anteriores, otro cálculo que forma parte de las dimensiones del componente es la densidad total de los materiales, ya que la herramienta no permite introducir este dato por cada material que compone la partida; y para obtener esta densidad ponderada total del componente, primero se busca la densidad de cada material en la “tabla de densidades” que proporciona la misma herramienta Net Waste en su guía de referencia de datos (Burton & Friedrich, 2008) y en el caso particular del terrazo se busca en otra fuente (Abrasivos de España, 2016) ya que en la guía no se especificaba (Tabla 28)

*Tabla 30: Densidades de materiales*

<b>Categoría</b>	<b>Materiales inertes (Inert materials)</b>	<b>Densidad (Ton/M<sup>3</sup>)</b>
Concreto (Concrete)	Arena / Mortero de cemento (Sand/Cement screed)	1,2
Baldosas y materiales cerámicos (Tiles & Ceramics)	Baldosa cerámica (Ceramic tiles)	2,0
Piedra (Stone)	Granito (Granite)	3,4

Fuente: Guía de referencia de datos, Net Waste Tools (Burton & Friedrich, 2008)

Cemento/Piedra	Terrazo	2,98
----------------	---------	------

Fuente: (Abrasivos de España, 2016)

Una vez obtenido estos datos, en las tablas 31, 32 y 33 se calcula la densidad total del componente, que no es más que la sumatoria de las densidades ponderada de cada material que se obtiene multiplicando el volumen por la densidad de los materiales detallados en la tabla 30.

*Tabla 31: Cálculo de la densidad total del componente del proyecto 1: Pavimento de baldosas de terrazo*

<b>Materiales del pavimento de baldosa de terrazo</b>	<b>Volumen (M<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad del material (TON/M<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad ponderada</b>
<b>Cemento blanco</b>	0,0003	1,2000	0,0004
<b>Baldosa de terrazo (40 x 40 x 4 cm)</b>	0,0400	2,9800	0,1182
<b>Mortero industrial</b>	0,0500	1,2000	0,0600
<b>TOTAL</b>			<b>0,1786</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Cálculo de la densidad total del componente del proyecto 2: Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico

Materiales del pavimento con baldosas cerámicas de gres rústico	Volumen (M <sup>3</sup> )	Densidad del material (TON/M <sup>3</sup> )	Densidad ponderada
Mortero de cemento para juntas	0,0001	1,2000	0,0001
Baldosa cerámica de gres rústico (30 x 30 x 0,07 cm )	0,0069	2,0000	0,0138
Mortero de cemento blanco	0,0300	1,2000	0,0360
<b>TOTAL</b>			<b>0,0499</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Cálculo de la densidad total del componente del proyecto 3: Pavimento con baldosas de granito nacional

Materiales del pavimento de baldosa de granito nacional	Volumen (M <sup>3</sup> )	Densidad del material (TON/M <sup>3</sup> )	Densidad ponderada
Mortero de cemento para juntas	0,0001	1,2000	0,0001
Baldosa de granito Gris Villa (60 x 40 x 2 cm)	0,0199	3,4000	0,0676
Mortero de cemento base	0,0320	1,2000	0,0384
<b>TOTAL</b>			<b>0,1061</b>

Fuente: Elaboración propia

El volumen y la masa se calculan de forma automática al introducir la longitud, anchura, espesor y densidad de los materiales que componen el pavimento. Esta herramienta no permite detallar cada material del pavimento por separado por lo que este cálculo automático se realiza en base al espesor y densidad total equivalente.

- **Contenido de reciclado (Recycled Content)**

Luego de completar los datos básicos del componente de cada proyecto, la próxima sección de esta ventana “Add/Edit Component” es la del porcentaje de contenido de reciclado (Figura 49)

The screenshot shows a software window titled 'Add / Edit Component'. Inside, there are four tabs: 'Basic details', 'Recycled content' (which is highlighted with a red rectangle), 'Wastage', and 'Add new component'. Below the tabs, there are three input fields: '% Standard recycled content' with the value '0 %', '% Good recycled content' with the value '9 %', and '% Best recycled content' with the value '20 %'. At the bottom, there is a note: 'Note: If you are modifying a default dataset component that has already been added to your project, you may need to deselect it once you have closed this screen.' and three buttons: 'Save & close', 'Save', and 'Cancel'.

Figura 49: Ventana del contenido de reciclado del componente en la herramienta

Fuente: ((WRAP), 2009)

El contenido de reciclado es el porcentaje de material que se prevé reciclar en todo el proyecto analizado, el cual se valora en tres rangos: estándar (nivel mínimo previsible), bueno y mejorado, y la herramienta lo calcula con la siguiente fórmula:  $(\text{Precio} \times \text{superficie del proyecto}) \times (\% \text{ de materiales}) \times (\% \text{ de contenido reciclado})$

Este porcentaje de contenido de reciclado de un nuevo componente se puede obtener desde:

- Proveedor del material.
- Referencia de los componentes similares existentes.
- Guía del producto de WRAP en el enlace [www.wrap.org.uk/rcproducts/](http://www.wrap.org.uk/rcproducts/).

De estas tres alternativas se eligió la opción de usar como referencia la información de los componentes existentes similares a las partidas creadas, ya que la base de datos de referencia de la herramienta que indica el contenido de reciclado para cada componente según sus características aún no se encuentra habilitada. A partir de esta selección, en la siguiente tabla 34 se detalla el contenido de reciclado y el nombre del componente existente en la herramienta que se usó como referencia para cada proyecto.

Tabla 34: Contenido de reciclado

Clasificación del contenido de reciclado Proyecto Córcega 517	Estándar	Bueno	Mejorado	Nombre del componente de referencia en la herramienta
1: Pavimento con baldosas de terrazo	0%	40%	80%	Terrazzo tile flooring, polished and sealed; screed
2: Pavimento con baldosas cerámicas de gres rústico	0%	9%	20%	300 x 300 x 9mm ceramic floor tiles
3: Pavimento con baldosas de granito	0%	10%	25%	300 x 300 x 18mm thick granite tiled flooring; polished; on screed

Fuente: Ejemplos de proyectos residenciales de la herramienta ((WRAP), 2009)

El valor de material reciclado del componente “300 x 300 x 18mm thick granite tiled flooring; polished; on screed” a tomar como referencia para la partida de pavimento de baldosa de granito es 0% (Estándar), 0% (Bueno) y 7% (Mejorado), información no certera para aplicar en este proyecto. Por esta razón se indagaron fuentes externas y el contenido de reciclado del proyecto tres introducido en el programa (tabla 34) se basa en la investigación realizada en torno al uso del material del granito para obtener nuevos materiales tipo Gres Porcelánico (HERNANDEZ-CRESPO & RINCÓN, 2000), donde se afirma que el granito está compuesto de un 40% de cuarzo, un 10% de mica y 50% de feldespatos de diversos tipos, considerando no despreciable este último material, ya que interviene en la mayoría de las composiciones de materiales cerámicos y vítreos y por lo tanto se podría reciclar para estas composiciones.

En este mismo sentido, el gres porcelánico está compuesto de 40% arcilla, 40% feldespato y 20% cuarzo; del 40% de feldespato que compone el gres, la investigación ha considerado la sustitución de un 10% por feldespato de granito. Por lo tanto, se asume este diez por ciento como el valor bueno de granito reciclado y tomando como referencia las diferencias entre el valor bueno y el mejorado de los proyectos uno y dos mostrados en la anterior tabla 34, se multiplica este diez por ciento por dos coma cinco, dando veinticinco por ciento de valor mejorado de reciclado del proyecto tres (granito)



- **Residuos (Wastage)**

La última sección a completar de la ventana “Add/Edit component” es la de “Desperdicios (Wastage)” que se subdivide en: tasas de desperdicio (Estándar, deseada y muy buenas prácticas), detalles del empaque de los materiales del componente y composición de los materiales de la partida (Figura 50)

**Add / Edit Component**

Add / Edit component

Provide the details for the components you wish to add and click Save. When you have finished adding components close this window.

Basic details Recycled content **Wastage** Add new component

**Wastage rates**

Baseline wastage rate (%)	Good practice wastage rate (%)	Best practice wastage rate (%)	Cost of take back per unit (£)
8 %	5 %	0 %	£0

**Packaging details**

Pallets (kg/unit)	Other timber (kg/unit)	Cardboard / Paper (kg/unit)
0.00	0.00	0.53
Plastic (kg/unit)	Metal (kg/unit)	Packaging hazardous?
0.04	0.00	<input type="checkbox"/>
		Treat component as mixed waste?
		<input type="checkbox"/>

**Material composition**

Primary material type	Secondary material type	Third material type	Fourth material type
15 01 01 - paper and c	17 02 01 - wood	17 02 03 - plastic	Please select
56 %	39 %	5 %	0 %

Note: If you are modifying a default dataset component that has already been added to your project, you may need to deselect it once you have closed this screen.

Save & close Save Cancel

Figura 50: Ventana de desperdicios del componente en la herramienta.

Fuente: ((WRAP), 2009)

En las siguientes tablas se detalla cada subdivisión con los datos a introducir en esta sección del componente.

- **Tasas de desperdicio**

Las tasas de desperdicio permiten ver las estimaciones de posibles residuos y las tasas de contenido reciclado de cada componente. Estas tasas aparecen en tres términos: Estándar, Buenas y Muy buenas prácticas, refiriéndose al desperdicio base como el posible nivel de residuos en un componente si no se toman medidas de minimización y el desperdicio de buenas prácticas, es un nivel más bajo que el estándar que se consigue aplicando técnicas disponibles (Sweett, 2008)

La base de datos de esta tasa de desperdicio se encuentra en el anexo 4 “Conjunto de datos de las tasas de desperdicio y desperdicios MMC (Métodos de construcción modernos)”, tabla “Walls, Floors and Ceilings – Finishes”, en la misma guía de referencia de donde se obtuvo la densidad de cada material (Burton & Friedrich, 2008) En la tabla 36 se presentan los datos para cada componente estudiado.

Tabla 35: Tasas de desperdicio de los materiales de los componentes de estudio

Proyecto Córcega 517	Componente	Tasas de desperdicio (%)		
		Base o estándar	Buenas prácticas	Muy buenas prácticas
1	Pavimento de baldosas de terrazo	8	5	0
2	Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico	8	5	0
3	Pavimento de baldosas de granito	8	5	0

Fuente: Anexo 4 – Guía de referencia de Net Waste Tools (Burton & Friedrich, 2008)

### • Detalles del empaque

Los detalles del empaque se enfocan en el peso en kilogramo por unidad (Kg/Und) que tienen cada empaque de los materiales de un componente, especificado en cada partida generada en (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

En la tabla 37 se muestra el peso a introducir en la herramienta en kilogramos por unidad de cada residuo de empaque que generan los materiales de los componentes analizados.

Tabla 36: Residuos del empaque de materiales

Proyecto Córcega 517	Componente	Detalles de empaque (Kg/unit)		
		Otras maderas	Cartón y papel	Plástico
1	Pavimento de baldosas de terrazo	0,369	0,528	0,040
2	Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico	0,125	0,192	0,000
3	Pavimento de baldosas de granito	0,161	0,002	0,021

Fuente: Partidas generadas por (CYPE Ingenieros S.A., 2016)

- **Composición del material de los empaques**

En esta última subdivisión de la ventana de Residuos (Wastage) se especifica el porcentaje aproximado (en peso) que representa cada uno de los materiales de la partida respecto a su total en cada tipo de residuo según el CER. Destacando que la Herramienta solo permite elegir cuatro tipos de materiales de la lista despegable (Catálogo Europeo de residuos) que compongan el componente.

En este mismo sentido, el Catálogo Europeo de Residuos (CER) clasifica los residuos en veinte grupos, de los cuales solo diez aparecen en la lista desplegable de esta subdivisión en la herramienta, los cuales son:

**08** RESIDUOS DE LA FABRICACIÓN, FORMULACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y UTILIZACIÓN (FFDU) DE REVESTIMIENTOS (PINTURAS, BARNICES Y ESMALTES VÍTREOS), ADHESIVOS, SELLANTES Y TINTAS DE IMPRESIÓN

**10** RESIDUOS DE PROCESOS TÉRMICOS

**13** RESIDUOS DE ACEITES Y DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS (excepto aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)

**14** RESIDUOS DE DISOLVENTES, REFRIGERANTES Y PROPELANTES ORGÁNICOS (excepto los capítulos 07 y 08)

**15** RESIDUOS DE ENVASES; ABSORBENTES, TPAOS DE LIMPIEZA; MATERIALES DE FILTRACIÓN Y ROPAS DE PROTECCIÓN NO ESPECIFICADOS EN OTRA CATEGORÍA

**16** RESIDUOS NO ESPECIFICADOS EN OTRO CAPÍTULO DE LA LISTA

**17** RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)

**18** RESIDUOS DE SERVICIOS MÉDICOS O VETERINARIOS O DE INVESTIGACIÓN ASOCIADA (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de la prestación de cuidados sanitarios)

**19** RESIDUOS DE LAS INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS, DE LAS PLANTAS EXTERNAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA PREPARACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL

**20** RESIDUOS MUNICIPALES (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), INCLUIDAS LAS FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE

Los materiales de las tres partidas generadas abarcan solo dos clasificaciones de las diez anteriores, los cuales son:

**08 - RESIDUOS DE LA FABRICACIÓN, FORMULACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y UTILIZACIÓN (FFDU) DE REVESTIMIENTOS (PINTURAS, BARNICES Y ESMALTES VÍTREOS), ADHESIVOS, SELLANTES Y TINTAS DE IMPRESIÓN.**

- **08 01** Residuos de la FFDU y del decapado o eliminación de pintura y barniz
  - **08 01 11** Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos.

**17 - RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)**

- **17 01** Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.
  - **17 01 01** Hormigón.
  - **17 01 03** Tejas y materiales cerámicos.
  - **17 01 07** Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.
- **17 05** Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje.
  - **17 05 04** Tierra y piedras distintas.

Y en las siguientes tablas 37, 38 y 39 se detallan cada uno de los materiales de las partidas de cada proyecto, dentro de que clasificación del CER entran y el porcentaje que representan en peso respecto al total de la partida.

En el caso del proyecto 1 “Pavimento de baldosas de terrazo” que existen cinco materiales en la partida, solo se asumen los cuatro de mayor porcentaje.

*Tabla 37: Clasificación de los materiales del proyecto 1 "Pavimento de baldosas de terrazo" según el CER*

<b>Clasificación del CER</b>	<b>Material de la partida</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>17 01 01</b> Hormigón.	Mortero de cemento	14%
<b>17 01 07</b> Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.	Baldosa de terrazo 40 x 40 x 4 cm	80%
<b>17 01 01</b> Hormigón	Cemento blanco para juntas	1%
<b>08 01 11</b> Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos.	Color o borada para baldosas	5%

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 38: Clasificación de los materiales del proyecto 2 "Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico" según el CER*

<b>Clasificación del CER</b>	<b>Material de la partida</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>17 01 01</b> Hormigón.	Mortero de cemento	15%
<b>17 01 07</b> Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.	Baldosa cerámica de gres 30 x 30 x 0,7 cm	84%
<b>17 01 01</b> Hormigón	Cemento blanco para juntas	1%

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 39: Clasificación de los materiales del proyecto 2 "Pavimento de baldosas de granito" según el CER*

<b>Clasificación del CER</b>	<b>Material de la partida</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>17 01 01</b> Hormigón.	Mortero de cemento	10%
<b>17 01 07</b> Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.	Baldosa de granito 60 x 40 x 2 cm	89%
<b>17 01 01</b> Hormigón	Cemento blanco para juntas	1%

Fuente: Elaboración propia

## **6.5. Informes obtenidos, análisis y comparación de datos**

Una vez completadas todas las informaciones anteriores que exige el programa para la generación de residuos de cada uno de los proyectos, el siguiente paso es dirigirse al icono "Generar reportes" (Generate reports) que se encuentra en el apartado "Gestión de Proyectos" (Manage Project) en la página principal de cada proyecto como se indica en la figura 51.

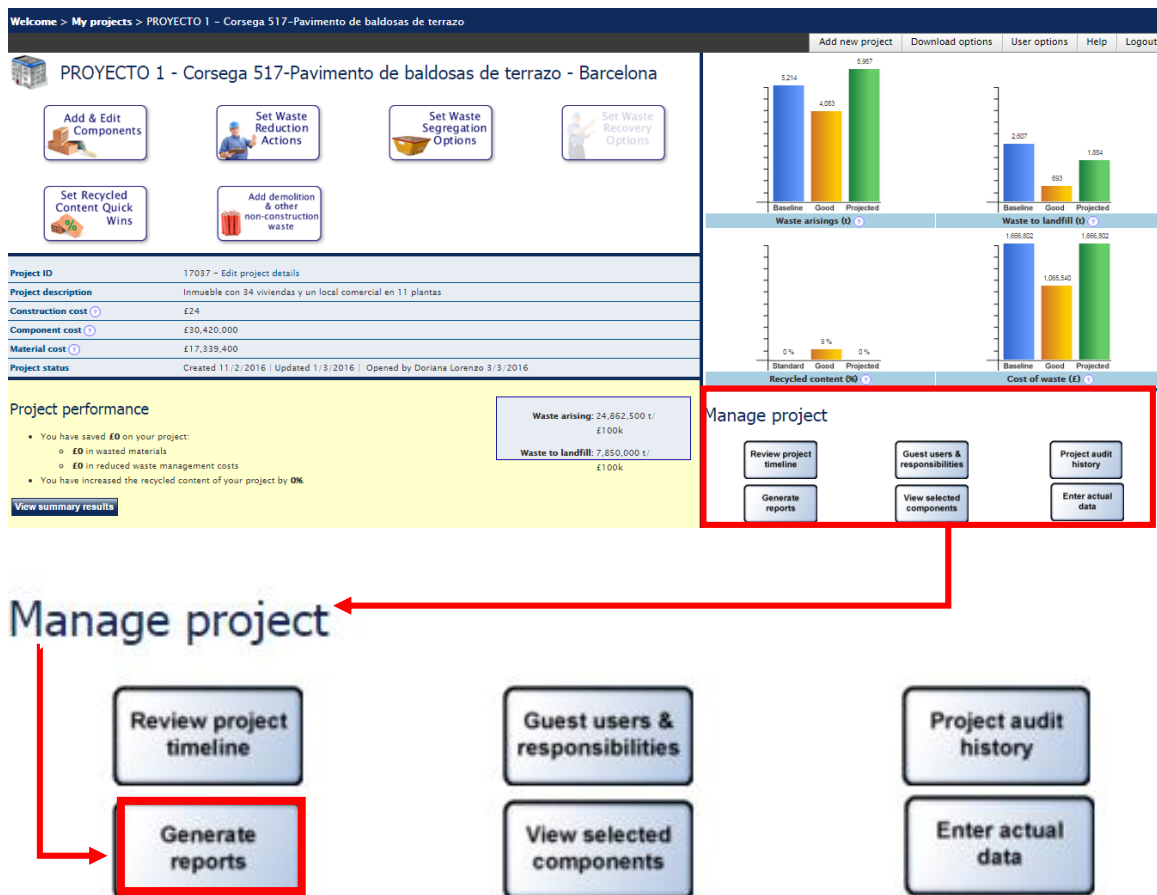


Figura 51: Gestión de proyectos – generar reportes

Fuente: ((WRAP), 2009)

Una vez en la página de generar reportes se encuentran varias alternativas, de las cuales, se descargarán las que indican los resultados de residuos del proyecto como se muestra en la figura 52, estos reportes en formato Excel, son tablas de datos en peso (t), volumen (m³) y coste (€) de cada uno de los proyectos.

## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

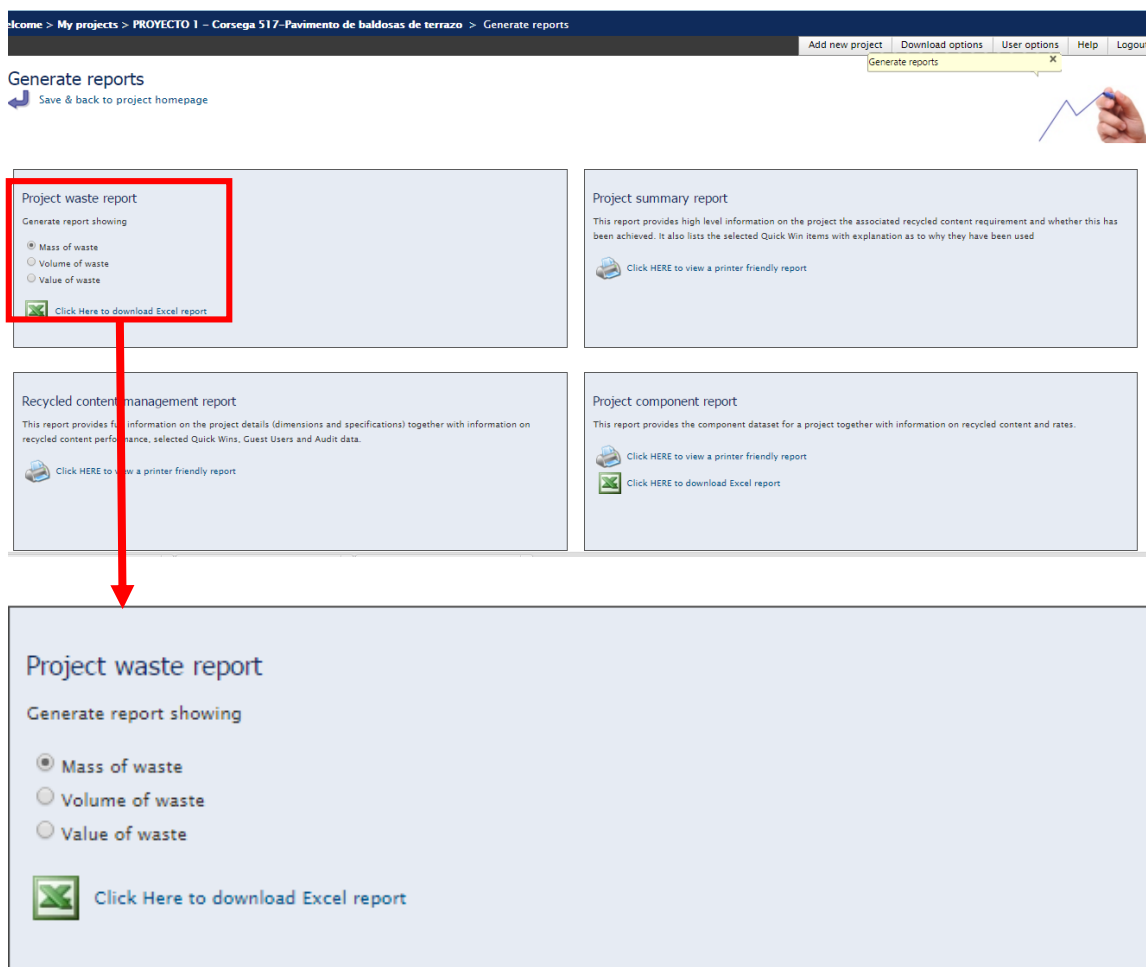


Figura 52: Informes de los residuos del proyecto

Fuente: ((WRAP), 2009)

Luego de tener descargados los archivos se procede a la revisión y análisis de resultados, los cuales se estructuran en dos secciones:

**SECCION 1:** Contenido de reciclado y residuos generados y datos principales de cada uno de los proyectos.

**SECCION 2:** Residuos generados clasificados según el tipo de material en base al Catálogo Europeo de Residuos (CER) de cada uno de los proyectos.

En cada sección se presentaran las tablas generadas por la herramienta, las tablas creadas para analizar los proyectos a partir de los datos de las tablas anteriores, la normalización de los residuos generados en base a unos parámetros de homogeneización seleccionados que permitirá la comparación entre cada proyecto, y por último el concentrado de los promedios de la normalización de los residuos generados.

## • SECCION 1

Los primeros datos que se encuentran en cada uno de los reportes generados y con los que se iniciará el análisis son:

### 1. Contenido de reciclado de los materiales del proyecto y los residuos generados en valores de peso (t), volumen (m<sup>3</sup>) y costes (€)

El contenido de reciclado es el porcentaje de material que se prevé reciclar en todo el proyecto analizado, el cual es cero para una gestión estándar y cuarenta por ciento en una gestión deseada para el proyecto uno (Pavimento de baldosas de terrazo); en el proyecto dos (Pavimento de baldosas cerámicas de gres) es cero por ciento para la gestión estándar y nueve por ciento para la deseada y para el proyecto 3 (Pavimento de granito nacional) es cero para la gestión estándar y diez para la deseada (Tablas 40, 41 y 42)

Los residuos generados expresados en toneladas y metros cúbicos (t y m<sup>3</sup>) es la cantidad de residuos que genera cada uno de los proyectos en relación a su peso y volumen. Y los costes expresados en euros son: el Valor de residuos refiriéndose al coste del material desperdiciado; el coste de la eliminación de residuos al vertedero y el total resultado de la suma de los anteriores.

Cada dato se muestra bajo tres tipos de gestión: la estándar (Rendimiento sin aplicar técnicas de minimización), la deseada (Aplicando técnicas disponibles), y la mejorada (Aplicando una adecuada gestión de residuos); de estas tres se tomará en cuenta para el análisis la gestión estándar y deseada.

Analizando las tablas de cada proyecto, se observa que la reducción en la generación de residuos aproximada que se obtiene en el proyecto uno entre la gestión estándar y la deseada es de un veintidós por ciento en peso y un dieciocho por ciento en volumen; en el valor de residuos un treinta y siete coma cincuenta por ciento; en el costo de eliminación de residuos un treinta y tres por ciento y en el coste total un treinta y siete por ciento (Tabla 40)



*Tabla 40: Contenido de Reciclado y Residuos Generados*

*Proyecto 1 - Pavimentos de baldosas de terrazo*

Tipo de gestión	Contenido de reciclado (%)	Residuos generados (t)	Residuos generados (m³)	Valor de los residuos (€)	Coste de eliminación de residuos (€)	Coste total de los residuos (€)
<b>Estándar</b>	0,0%	5,22	7,55	2561,99	383,52	2.945,51
<b>Deseados</b>	40,0%	4,09	6,18	1601,24	256,84	1.858,08

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

En el proyecto dos (Tabla 41) la reducción en la generación de residuos entre cada tipo de gestión es de un doce por ciento en peso y un siete por ciento en volumen; en el valor de residuos un treinta y siete coma cincuenta por ciento; en el costo de eliminación de residuos un treinta y cinco por ciento; y en el coste total un treinta y siete por ciento.

*Tabla 41: Contenido de Reciclado y Residuos Generados*

*Proyecto 2: Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico*

Tipo de gestión	Contenido de reciclado (%)	Residuos generados (t)	Residuos generados (m³)	Valor de los residuos (€)	Coste de eliminación de residuos (€)	Coste total de los residuos (€)
<b>Estándar</b>	0,00%	1,11	1,29	3489,03	82,49	3571,51
<b>Deseado</b>	9,00%	0,97	1,20	2180,64	54,00	2234,64

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Y en el proyecto tres (Tabla 42) la reducción en la generación de residuos entre cada tipo de gestión es de un veintisiete por ciento en peso y un diecinueve por ciento en volumen; en el valor de residuos un treinta y siete coma cincuenta por ciento; en el costo de eliminación de residuos un treinta y nueve por ciento y en el coste total un treinta y ocho por ciento.

*Tabla 42: Contenido de Reciclado y Residuos Generados*

*Proyecto 3: Pavimentos de baldosas de granito nacional*

Tipo de gestión	Contenido de reciclado (%)	Residuos generados (t)	Residuos generados (m <sup>3</sup> )	Valor de los residuos (€)	Coste de eliminación de residuos (€)	Coste total de los residuos (€)
<b>Estándar</b>	0,00%	1,45	2,59	6607,24	140,06	6747,29
<b>Deseado</b>	10,00%	1,07	2,11	4129,52	86,10	4215,62

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Observando con esto que el proyecto con pavimentos de baldosas de terrazo (Proyecto 1) es el de mayor espesor de materiales y densidad, por lo tanto es el que genera más residuos en cada tipo de gestión respecto a los demás y el de menor espesor y densidad es el que menos genera (Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico); mientras que el coste de material desperdiciado (Valor de residuos) es mayor para el proyecto con pavimentos de granito (Proyecto 3) y menor para el de terrazo (Proyecto 1), lo que se atribuye a los costes de materiales y construcción.

En este mismo sentido, el costo de eliminación es mayor en el proyecto de pavimento de baldosas de terrazo, ya que es el que genera mayor cantidad de residuos en ambas gestiones y menor en el proyecto con pavimento de baldosas cerámicas, ya que es el que genera menores residuos. Es decir, que a menor generación de residuos en peso y volumen menor costo de eliminación.

En este mismo sentido, el costo total es mayor en el proyecto con pavimento de baldosas de granito y menor en el de terrazo, asociándolo al valor de residuos en donde pasa la misma situación.

Pero si se compara la gestión deseada sobre la estándar en cada proyecto, se obtiene que el mayor porcentaje de reducción de residuos se da en el proyecto con pavimento de baldosas de granito (Proyecto 3) y el menor porcentaje está en el proyecto dos de pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico; ya que el proyecto tres presenta mayor porcentaje de aprovechamiento entre las dos gestiones de igual forma pasa en la eliminación de los residuos. La mejora en el valor de los residuos y en el costo total del proyecto tiene un aproximado de treinta

y siete por ciento para los tres proyectos, es decir que están relacionadas una con otra, por tal razón el proyecto con mayor valor de residuos (Proyecto 3) tiene mayor coste total.

## 2. Datos principales: coste total de construcción y de material.

Otras tablas que se obtiene de los reportes es la de datos principales que contienen el coste total de construcción del proyecto que abarca el presupuesto de materiales, mano de obra, etc. Y el coste total de los materiales del proyecto que como su nombre lo indica es solo el de los materiales excluyendo mano de obra, maquinaria etc. los cuales se muestran en las tablas 43, 44 y 45 para cada proyecto analizado.

Tabla 43: Datos principales

Proyecto 1: Pavimento de baldosas de terrazo

<b>Costes de construcción del proyecto</b>	56184,00
<b>Costes materiales del proyecto</b>	32024,88

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 44: Datos principales

Proyecto 2: Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico

<b>Costes de construcción del proyecto</b>	63207,00
<b>Costes materiales del proyecto</b>	43612,83

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 45: Datos principales

Proyecto 3: Pavimentos de baldosas de granito nacional

<b>Costes de construcción del proyecto</b>	114709,00
<b>Costes materiales del proyecto</b>	82590,48

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

A partir de los datos obtenidos en los reportes mostrados en las tablas anteriores se inicia el análisis de los tres proyectos y sus resultados creando las siguientes tablas:

- **Valor de los materiales (€)**
- **Indicadores de rendimiento (%)**
- **Coste total de reciclaje (€)**
- **Representación de los residuos y embalajes (%)**
- **Costes de los proyectos (€)**
- **Costes de reciclaje de los materiales (€)**
- **Resumen de los resultados generales.**

Recordando que los proyectos son los indicados en la siguiente tabla 46

*Tabla 46: Proyectos analizados*

<b>Proyecto 1</b>	Pavimentos de baldosas de terrazo
<b>Proyecto 2</b>	Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico
<b>Proyecto 3</b>	Pavimento de baldosas de granito

Fuente: Elaboración propia

A continuación se detallan y comentan cada una de las tablas:

- **VALOR DE MATERIALES (Coste del material desperdiciado)**

Las tablas de valor de materiales (Tablas 47, 48 y 49) se obtienen mediante la fórmula de residuos netos que sirve para identificar que materiales deben ser utilizados por un contratista para reducir los residuos netos a través de una adecuada gestión de residuos. Esta fórmula es la siguiente:

$$Z = W - R$$

**Residuos netos = Valor perdido – Valor recuperado**

Donde “W” es el **valor de los residuos de materiales y embalajes** (Datos obtenidos de las tablas 40-42 anterior), es decir, el precio original de los materiales como residuos fuera del lugar y de los materiales reprocesados para uso alternativo

en otro lugar, excluyendo costes de transporte, coste de eliminación de residuos, impuestos del vertedero, etc.

“R” es el **valor de contenido de reciclado y materiales reutilizados**, es decir, el precio de los materiales recuperados para ser incorporados en la obra de construcción. Este dato se obtiene de la siguiente diferencia: *(Costo total de materiales x Contenido de reciclado deseado) – (Costo total de materiales x Contenido de reciclado estándar)*

Y “Z” son los residuos netos que se obtienen al restar el **valor de los residuos de materiales y embalajes (W)** y el **valor de contenido reciclado y materiales reutilizados (R)** (Sweett, 2008)

Tabla 47: Valor de los materiales (€) PROYECTO 1

Proyecto 1: Pavimento de baldosas de terrazo		Estándar (€)	Deseado (€)
W	Valor de materiales residuales y embalajes (€)	2561,99	1601,24
R	Valor de contenido reciclado y materiales reutilizados (€)	0,00	12809,95
Z	Residuos netos (W-R = Z)	2561,99	-11208,71

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 48: Valor de los materiales (€) PROYECTO 2

Proyecto 2: Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rustico		Estándar (€)	Deseado (€)
W	Valor de materiales residuales y embalajes (€)	3489,02	2180,64
R	Valor de contenido reciclado y materiales reutilizados (€)	0,00	3925,16
Z	Residuos netos (W-R = Z)	3489,03	-1744,51

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 49: Valor de los materiales (€) PROYECTO 3

Proyecto 3: Pavimentos de baldosas de granito nacional		Estándar (€)	Deseado (€)
W	Valor de materiales residuales y embalajes (€)	6607,23	4129,52
R	Valor de contenido reciclado y materiales reutilizados (€)	0,00	8259,05
Z	Residuos netos (W-R = Z)	6607,29	-4129,52

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

El resultado cero o negativo indica que el valor de materiales reciclados y reutilizados que se ha incorporado a la obra es mayor que el valor de materiales residuales eliminados (Sweett, 2008) Teoría aplicada en la gestión deseada de los tres proyectos.

# • **INDICADORES DE RENDIMIENTO**

Otras tablas que se obtienen de los datos generados son las de rendimientos para los tres proyectos analizados (Tablas 50, 51 y 52) donde se observa el ahorro y los residuos generados en una gestión deseada y el porcentaje de mejora que se obtiene al aplicar la gestión deseada sobre la estándar. El ahorro indica tanto la reducción total de los residuos generados en toneladas, del valor de los residuos y del coste de los contenedores como el incremento total en el valor de los materiales recuperados (contenido de reciclado); y los residuos generados en la gestión deseada se expresan en toneladas y metros cúbicos por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto.

Tabla 50: Rendimientos. PROYECTO 1

INDICADORES DE RENDIMIENTO	TIPO DE GESTION DESEADA	
	CANTIDAD	PORCIENTO DE MEJORA SOBRE ESTANDAR
<b>AHORRO</b>		
Reducción total de cantidad de residuos de materiales (t)	1,13	21,68%
Reducción total en el valor de residuos de materiales (€)	960,75	37,50%
Reducción total en el coste de contenedores (€)	126,69	33,03%
Incremento total en el valor de materiales recuperados utilizados (€)	12809,95	40,00%
<b>RESIDUOS GENERADOS</b>		
Toneladas por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (t)	7,27	21,68%
Metros cúbicos por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (m³)	11,00	18,14%
Coste total de valor residuos por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (€)	2850,00	37,50%
Coste total de los residuos como porcentaje de los costes materiales del proyecto (%)	5,80%	3,40%
Coste total de los residuos como porcentaje del coste de construcción del proyecto (%)	3,31%	1,94%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta N

*Tabla 51: Rendimientos. PROYECTO 2*

INDICADORES DE RENDIMIENTO	TIPO DE GESTION DESEADA	
	CANTIDAD	PORCIENTO DE MEJORA SOBRE ESTANDAR
<b>AHORRO</b>		
Reducción total de cantidad de residuos de materiales (t)	0,13	12,08%
Reducción total en el valor de residuos de materiales (€)	1308,39	37,50%
Reducción total en el coste de contenedores (€)	28,49	34,53%
Incremento total en el valor de materiales recuperados utilizados (€)	3925,16	9,00%
<b>RESIDUOS GENERADOS</b>		
Toneladas por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (t)	1,54	12,08%
Metros cúbicos por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (m <sup>3</sup> )	1,90	7,14%
Coste total de valor residuos por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (€)	3450,00	37,50%
Coste total de los residuos como porcentaje de los costes materiales del proyecto (%)	5,12%	3,07%
Coste total de los residuos como porcentaje del coste de construcción del proyecto (%)	3,54%	2,12%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

*Tabla 52: Rendimientos. PROYECTO 3*

<b>RENDIMIENTOS</b>		
INDICADORES DE RENDIMIENTO	TIPO DE GESTION DESEADA	
	CANTIDAD	PORCIENTO DE MEJORA SOBRE ESTANDAR
<b>AHORRO</b>		
Reducción total de cantidad de residuos de materiales (t)	0,39	26,61%
Reducción total en el valor de residuos de materiales (€)	2477,71	37,50%
Reducción total en el coste de contenedores (€)	53,96	38,53%
Incremento total en el valor de materiales recuperados utilizados (€)	8259,05	10,00%

RENDIMIENTOS		
INDICADORES DE RENDIMIENTO	TIPO DE GESTION DESEADA	
	CANTIDAD	PORCIENTO DE MEJORA SOBRE ESTANDAR
RESIDUOS GENERADOS		
Toneladas por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (t)	0,93	26,61%
Metros cúbicos por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (m <sup>3</sup> )	1,84	18,67%
Coste total de valor residuos por cada cien mil euros de coste de construcción del proyecto (€)	3600	37,50%
Coste total de los residuos como porcentaje de los costes materiales del proyecto (%)	5,10%	3,07%
Coste total de los residuos como porcentaje del coste de construcción del proyecto (%)	3,68%	2,21%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

## • COSTE TOTAL DE RECICLAJE

A partir de los costes de eliminación de residuos (Tablas 40-42) y los valores de los residuos netos (Z) obtenidos en las tablas 47– 49 se genera el coste total de reciclaje para cada uno de los proyectos en ambas gestiones (Estándar y deseada) resultado de la suma de los residuos netos y el coste de eliminación (Tabla 53)

Con esta tabla 53 se determina que el coste total de reciclaje para los tres proyectos en la gestión deseada es negativo (menor que cero) relacionándolo al valor de los residuos netos que es menor que cero, lo que indica como ya se ha mencionado, que el valor de materiales reciclados y reutilizados que se ha incorporado es mayor que el valor de materiales residuales eliminados, por tanto no existe coste de reciclaje.

Tabla 53: Coste total de reciclaje de los proyectos analizados

Tipo de gestión	Proyectos	Residuos netos (€) (Z=W-R)	Coste de eliminación de residuos (€)	Coste total de reciclaje (€)
ESTANDAR	1	2561,99	383,52	2945,51
	2	3489,03	82,49	3571,51
	3	6607,24	140,06	6747,30
DESEADO	1	-11208,71	256,84	-10951,87
	2	-1744,51	54,00	-1690,51
	3	-4129,52	86,10	-4043,42

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW



- **REPRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS Y EMBALAJES (%)**

Las siguientes tablas 54, 55 y 56 representan los residuos y embalajes en porcentajes respecto al coste total de materiales y de construcción tanto para la gestión estándar que se obtiene al dividir el valor de residuos y embalajes (€) de ambas gestiones (estándar y deseada) (Tablas 40 – 42) entre los costes totales de materiales y de construcción (Tablas 43 – 45)

Con estas tablas se puede observar que en los tres proyectos la gestión estándar tiene un mayor porcentaje de residuos respecto a la deseada. Además de que se mantiene el mismo porcentaje de residuos respecto al coste total de materiales para los tres proyectos; y el mayor porcentaje de residuos respecto al coste de la construcción se presenta en el proyecto tres con 5,76% en la gestión estándar y 3,60% en la gestión deseada, al igual que es el proyecto que presenta mayor variación con respecto a los costes de construcción aplicando la gestión estándar sobre la deseada (2,16 % entre una gestión y otra)

*Tabla 54: Representación de los residuos y embalajes. PROYECTO 1*

REPRESENTACION DE LOS RESIDUOS Y EMBALAJES	Respecto costes materiales	Respecto costes de construcción
Aplicando gestión estándar	8,00%	4,56%
Aplicando gestión deseada	5,00%	2,85%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

*Tabla 55: Representación de los residuos y embalajes. PROYECTO 2*

REPRESENTACION DE LOS RESIDUOS Y EMBALAJES	Respecto costes materiales	Respecto costes de construcción
Aplicando gestión estándar	8,00%	5,52%
Aplicando gestión deseada	5,00%	3,45%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

*Tabla 56: Representación de los residuos y embalajes. PROYECTO 3*

REPRESENTACION DE LOS RESIDUOS Y EMBALAJES	Respecto costes materiales	Respecto costes de construcción
Aplicando gestión estándar	8,00%	5,76%
Aplicando gestión deseada	5,00%	3,60%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

## • COSTES DE LOS PROYECTOS (€)

En esta tabla 57 se resumen los costes de construcción y de los materiales de cada uno de los proyectos detallados en las tablas 43 – 45 anteriores y se obtienen otros costes resultados del resto de estos, además de que se expresa el porcentaje que ocupa los costes de materiales y los otros frente a los costes de construcción.

Siendo así, se observa que el coste de material en los tres proyectos es superior al de los otros costes y que el mayor coste de materiales frente al coste total del proyecto pertenece al proyecto tres de pavimento de baldosas de granito con un setenta y dos por ciento y el menor al proyecto uno de pavimentos de baldosas de terrazo con un cincuenta y siete por ciento.

*Tabla 57: Costes de los proyectos*

Proyectos	Costes de construcción del proyecto (€)	Costes materiales del proyecto (€)	Otros costes (€)	Porcentaje costes materiales (%)	Porcentaje otros costes (%)
1	56184,00	32024,88	24159,12	57%	43%
2	63207,00	43612,83	19594,17	69%	31%
3	114709,00	82590,48	32118,52	72%	28%
<b>Promedio</b>				<b>66%</b>	<b>34%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

## • COSTES DEL RECICLAJE DE MATERIALES (€)

Esta tabla 58, un resumen de los valores de residuos obtenidos en las tablas 47 – 49 anteriores, muestra los incrementos obtenidos al aplicar una gestión deseada sobre una estándar, comparando el valor de los materiales residuales y embalajes, el valor del contenido de reciclado y los residuos netos de ambas gestiones (Estándar y Deseada)

*Tabla 58: Costes del reciclaje de materiales*

Proyectos	Valor de materiales residuales y embalajes (W) (€)		Valor contenido de reciclado (R) (€)		Residuo neto (Z) (€)	
	Estándar	Deseado	Estándar	Deseado	Estándar	Deseado
1	2561,99	1601,24	0,00	12809,95	2561,99	-11208,71
2	3489,03	2180,64	0,00	3925,16	3489,03	-1744,51
3	6607,24	4129,52	0,00	8259,05	6607,24	-4129,52
Promedio (€)	4219,42	2637,14	0,00	8331,39	4219,42	-5694,25
Diferencias (€)	1582,28		8331,39		-9913,67	
Porcentajes (%)	23,08%		100,00%		672,19%	

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Para los tres valores se observa que aplicar una gestión deseada sobre la estándar conlleva beneficios económicos. En este caso la mejora respecto al valor de materiales residuales y embalajes es de un 23,08 por ciento; respecto al valor de contenido de reciclado es de un 100 por ciento y respecto al residuo neto la mejora supera por mucho al 100 por ciento.

### • RESUMEN DE LOS RESULTADOS

La siguiente tabla 59 agrupa los resultados más relevantes de las tablas 40, 41 y 42 de contenido de reciclado y residuos generados extraídas de los reportes de la herramienta. De esta agrupación se realiza primero un promedio parcial del contenido de reciclado (%), de los residuos generados en peso y volumen y del valor de los residuos (€) de los tres proyectos en ambas gestiones, para luego obtener las desviaciones promedio de cada uno de estos datos aplicando la gestión deseada sobre la estándar y los porcentajes de reducción de residuos en peso, volumen y coste respecto al promedio de contenido de reciclado (Tabla 59)

Se puede observar que al aplicar una gestión deseada sobre los tres proyectos se obtiene una mejora media en el contenido de reciclado de un 19,67 por ciento, lo que se ve reflejado en la reducción de los residuos generados en toneladas un 21,23 por ciento, un 17,02 por ciento en volumen y 37,50 por ciento en el valor de los residuos, siendo esta última la reducción más alta.

Tabla 59: Resumen de los resultados

PROYECTOS	TIPO DE GESTION	CONTENIDO DE RECICLADO (%)	RESIDUOS GENERADOS (t)	RESIDUOS GENERADOS (m³)	Valor de residuos (€)
1	ESTANDAR	0,00%	5,22	7,55	2561,99
2		0,00%	1,11	1,29	3489,03
3		0,00%	1,45	2,59	6607,24
PROMEDIO		0,00%	2,591	3,81	4219,42
1	DESEADO	40,00%	4,09	6,18	1601,24
2		9,00%	0,98	1,20	2180,64
3		10,00%	1,07	2,11	4129,52
PROMEDIO		19,67%	2,04	3,16	2637,14
PROMEDIO GESTION DESEADA SOBRE LOS ESTANDARES		19,67%	0,55	0,65	1582,28
REDUCCION DE LOS RESIDUOS APLICANDO UNA GESTION DESEADA SOBRE LA ESTANDAR			21,23%	17,02%	37,50%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Para obtener un análisis más exacto de los datos obtenidos de los reportes se procede a la comparación de los residuos generados en cada proyecto por medio de la normalización de datos del contenido de reciclado y residuos generados; esta normalización de residuos (Tablas 61 y 62) se realiza dividiendo los residuos generados expresados en peso, volumen y coste entre los parámetros de homogenización presentados en la tabla 60, que son la superficie de unidad de baldosa en metro cuadrado, es decir el tamaño de la baldosa expresada en metros cuadrados, la cantidad de baldosas por un metro cuadrado de pavimento, el espesor del mortero como material de agarre de las baldosas y el coste total de construcción de cada proyecto.

Tabla 60: Parámetros de homogeneización

Proyectos	BALDOSA		MORTERO	Coste de construcción del proyecto (€)
	Tamaño (M²)	Cantidad de por metro cuadrado (Unid/M²)	Espesor (M)	
1	0,16	6,20	0,05	56184
2	0,09	10,98	0,03	63207
3	0,24	4,14	0,032	114709

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

**Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos**

*Tabla 61: Residuos normalizados según el tamaño de la baldosa y el costo de construcción del proyecto*

		TAMANO DE BALDOSA (M <sup>2</sup> )			COSTO DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO (€)		
Proyectos	Tipo de gestión	Residuos generados (t)	Residuos generados (M <sup>3</sup> )	Valor de residuos (€)	Residuos generados (t)	Residuos generados (M <sup>3</sup> )	Valor de residuos (€)
PROYECTO 1	ESTANDAR	32,60	47,17	16012,44	9,28E-05	1,34E-04	0,05
PROYECTO 2		12,28	14,37	38766,96	1,75E-05	2,05E-05	0,06
PROYECTO 3		6,05	10,79	27530,16	1,27E-05	2,26E-05	0,06
PROMEDIO		16,97	24,11	27436,52	4,10E-05	5,91E-05	0,05
PROYECTO 1	DESEADO	25,53	38,61	10007,78	7,27E-05	1,10E-04	0,03
PROYECTO 2		10,79	13,34	24229,35	1,54E-05	1,90E-05	0,03
PROYECTO 3		4,44	8,78	17206,35	9,29E-06	1,84E-05	0,04
PROMEDIO		13,59	20,24	17147,83	3,25E-05	4,91E-05	0,03

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

*Tabla 62: Residuos normalizados según la cantidad de baldosas por metro cuadrado y el espesor de mortero como material de agarre*

		CANTIDAD DE BALDOSAS POR METRO CUADRADO (UNID/M²)			ESPESOR DE MORTERO (M)		
Proyectos	Tipo de gestión	Residuos generados (t)	Residuos generados (M³)	Valor de residuos (€)	Residuos generados (t)	Residuos generados (M³)	Valor de residuos (€)
PROYECTO 1	ESTANDAR	0,84	1,22	413,22	104,31	150,93	51239,81
PROYECTO 2		0,10	0,12	317,76	36,83	43,11	116300,88
PROYECTO 3		0,35	0,63	1595,95	45,36	80,95	206476,20
PROMEDIO		0,43	0,65	775,65	62,17	91,66	124672,30
PROYECTO 1	DESEADO	0,66	1,00	258,27	81,70	123,55	32024,88
PROYECTO 2		0,09	0,11	198,60	32,38	40,03	72688,05
PROYECTO 3		0,26	0,51	997,47	33,29	65,83	129047,63
PROMEDIO		0,33	0,54	484,78	49,12	76,47	77920,19

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Luego de normalizar los residuos para cada uno de los proyectos se realiza la siguiente tabla 63 donde se concentran todos los promedios de los residuos generados normalizados en la gestión estándar y deseada expresados en

toneladas (Peso) y metros cúbicos (Volumen) para cada uno de los parámetros de homogeneización seleccionados.

Primero se escogieron las unidades de toneladas y metros cúbicos, por su relación y porque los datos son mucho menores a los valores de residuos y por tanto no se reflejan en la gráfica junto a estos. Es decir, primero se analizan los residuos generados en toneladas y metros cúbicos y luego los valores de residuos generados.

*Tabla 63: Concentrado de los promedios de los residuos normalizados (toneladas y metros cúbicos)*

Parámetros de homogeneización	Residuos generados	Tipo de gestión	
		Estándar	Deseado
Tamaño de baldosa	Toneladas (t)	16,97	13,59
	Metros cúbicos (m³)	24,11	20,24
Coste de construcción	Toneladas (t)	4,10E-05	3,25E-05
	Metros cúbicos (m³)	5,91E-05	4,91E-05
Cantidad de baldosas por metro cuadrado	Toneladas (t)	0,43	0,33
	Metros cúbicos (m³)	0,65	0,54
Espesor de mortero	Toneladas (t)	62,17	49,12
	Metros cúbicos (m³)	91,66	76,47

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

A partir de esta tabla de concentrado de promedios de los residuos normalizados se realizan las siguientes figuras 53, 54 y 55.

En la figura 53 se observa que el espesor del mortero como material de agarre de las baldosas es el parámetro de homogeneización más sensible por tener la trayectoria más alta con un máximo aproximado de 92 metros cúbicos seguido del tamaño de la baldosa, por lo tanto se podrían considerar estos dos los parámetros de decisión.

## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

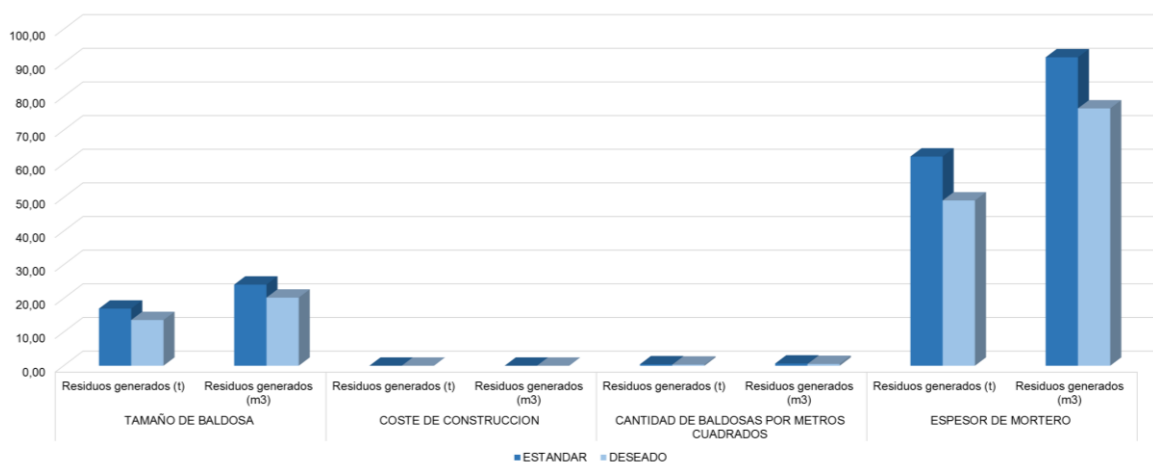


Figura 53: Relación de los parámetros de homogeneización normalizados.

Fuente: Elaboración propia

Ya que en la figura anterior el resultado de coste de construcción y cantidad de baldosas por metro cuadrado es muy bajo se realiza la figura 54 con una ampliación de los parámetros tamaño de baldosa y cantidad de baldosas por metro cuadrado, variables que están relacionadas y la figura 55 con la ampliación del parámetro de coste de construcción que es el más bajo de todos.

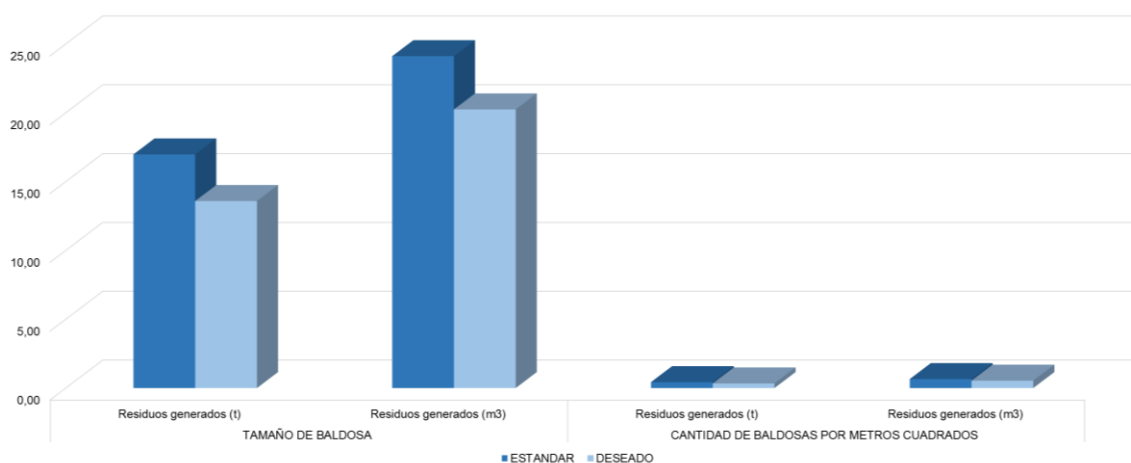


Figura 54: Relación de los parámetros de homogeneización normalizados (Tamaño de baldosa y cantidad de baldosas por un metro cuadrado de pavimento)

Fuente: Elaboración propia

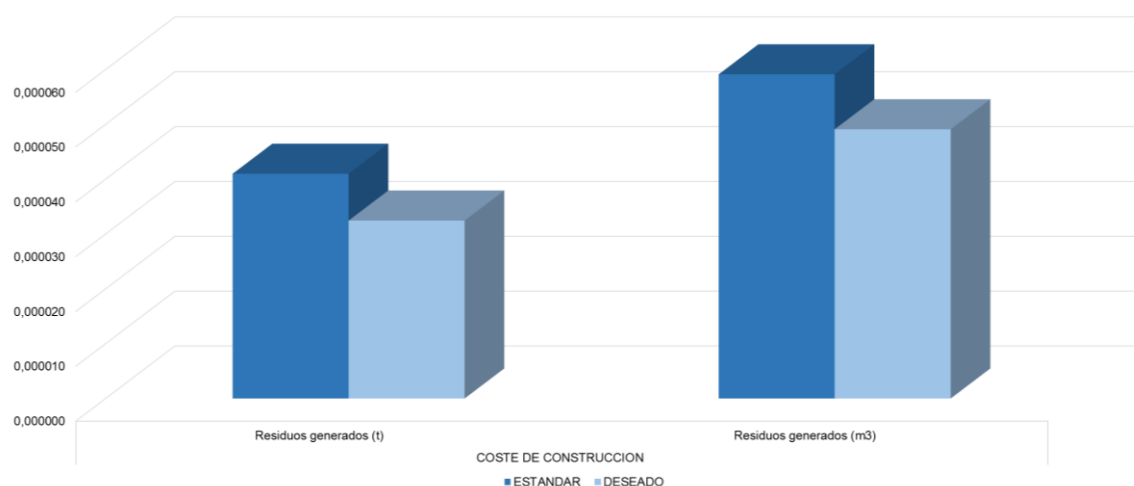


Figura 55: Relación de los parámetros de homogeneización normalizados (Coste de construcción)

Fuente: Elaboración propia

En todos los casos anteriores se observa que no es tan pronunciada la variación entre una gestión y otra; pero se considera el tipo de gestión deseada ya que es donde se genera la menor cantidad de residuos y por lo tanto es la que debe ser aplicada en el ámbito de la sostenibilidad y la construcción para reducir la cantidad de residuos destinados a vertederos. Y con respecto a las variables se considera que los residuos normalizados expresados en volumen se destacan sobre la unidad de peso.

Por otro lado, se analizan de forma independiente al peso y volumen, los valores de los residuos normalizados bajo los cuatro parámetros de homogeneización para los dos tipos de gestión y en la siguiente tabla 64 se concentran los promedios obtenidos de los tres proyectos.

Tabla 64: Concentrado de los promedios de los valores de residuos normalizados

Parámetros de homogeneización		Tipo de gestión	
		Estándar	Deseado
Tamaño de baldosa	Valor de residuos (€)	27436,52	17147,83
Coste de construcción		0,05	0,03
Cantidad de baldosas por metros cuadrados		775,65	484,78
Espesor de mortero		124672,30	77920,19

Fuente: Elaboración propia



A partir de esta tabla se crea la figura 56 donde se observa de igual forma que las figuras anteriores, que las variables que se destacan son la de espesor de mortero, tamaño de baldosa y cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento, pero con este factor de precio se marca más la diferencia de una gestión deseada sobre una estándar.

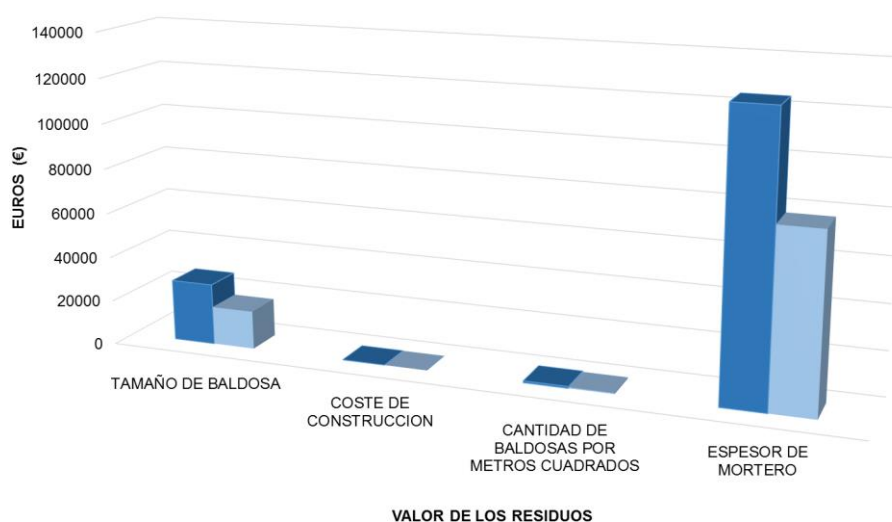


Figura 56: Valor de los residuos normalizados.

Fuente: Elaboración propia

Como en la figura anterior (56) los valores de residuos normalizados para el parámetro de coste de construcción son muy bajos se realiza la figura 57 con una ampliación de estos valores.

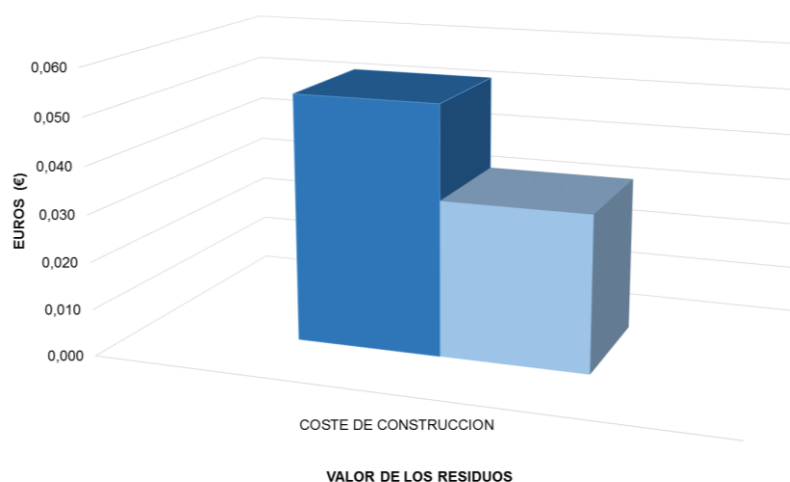


Figura 57: Valor de los residuos normalizados (Parámetro de homogeneización: Coste de construcción). Fuente: Elaboración propia

## • SECCION 2

En esta segunda sección se analizarán los residuos generados según el tipo de material en peso (t), volumen (m<sup>3</sup>) y costo (€) tanto para la gestión estándar como la deseada en base al Catálogo Europeo de Residuos (CER)

En el caso del proyecto uno (Tabla 65) los materiales que generan residuos son el hormigón, mezcla de hormigón y materiales cerámicos (terrazo) y el color o borada del pavimento.

Tabla 65: Residuos generados por tipo de material. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m <sup>3</sup> )	Residuos estándar (m <sup>3</sup> )	Residuos deseados (m <sup>3</sup> )	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	5,65	0,45	0,29	7,18	0,57	0,36	4803,73	384,30	240,19
17 01 07 Mezcla de hormigón y materiales cerámicos	30,15	2,41	1,51	37,39	2,99	1,87	25619,90	2049,59	1281,00
08 01 11 Color o borada	1,89	0,15	0,09	1,07	0,09	0,05	1601,24	128,10	80,06
<b>Total</b>	<b>37,69</b>	<b>3,02</b>	<b>1,89</b>	<b>45,64</b>	<b>3,65</b>	<b>2,28</b>	<b>32024,88</b>	<b>2561,99</b>	<b>1601,24</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

En el caso del proyecto dos (Tabla 66) los materiales que generan residuos son el hormigón y los materiales cerámicos (Gres)

Tabla 66: Residuos generados por tipo de material. Proyecto 2 - Pavimento de baldosas cerámicas de gres rustico.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m <sup>3</sup> )	Residuos estándar (m <sup>3</sup> )	Residuos deseados (m <sup>3</sup> )	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	0,67	0,05	0,03	0,85	0,07	0,04	6541,93	523,35	327,10
17 01 03 Materiales cerámicos	3,78	0,30	0,19	2,23	0,18	0,11	37070,91	2965,67	1853,55
<b>Total</b>	<b>4,45</b>	<b>0,36</b>	<b>0,22</b>	<b>3,08</b>	<b>0,25</b>	<b>0,15</b>	<b>43612,83</b>	<b>3489,03</b>	<b>2180,64</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

En el caso del proyecto tres (Tabla 67) los materiales que generan residuos son el hormigón y la piedra (Granito)

*Tabla 67: Residuos generados por tipo de material. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.*

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
<b>17 01 01 Hormigón</b>	1,42	0,11	0,07	1,80	0,14	0,09	9084,95	726,80	454,25
<b>17 06 04 Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03</b>	11,46	0,92	0,57	14,32	1,15	0,72	73505,53	5880,44	3675,28
<b>Total</b>	<b>12,88</b>	<b>1,03</b>	<b>0,64</b>	<b>16,12</b>	<b>1,29</b>	<b>0,81</b>	<b>82590,48</b>	<b>6607,24</b>	<b>4129,52</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

A partir de los datos obtenidos mostrados en las tablas anteriores se inicia el análisis de los residuos generados en los tres proyectos según el tipo de material creando las siguientes tablas:

- **Porcentajes parciales de cada tipo de residuo en base al CER.**
- **Reducción de los residuos aplicando la gestión deseada sobre la estándar.**

A continuación se detallan y comentan cada una:

- **Porcentajes parciales de cada tipo de residuo en base al CER.**

Los porcentajes parciales de cada tipo de residuos en base al CER mostrados en las tablas 68, 69 y 70 se generan a partir de las tablas 65, 66 y 67 extraídas de los reportes de la herramienta, es decir, los porcentajes son resultado de la división de los valores de cada material respecto al total.

En la tabla 68 y figura 58 se muestra que en el proyecto uno con pavimento de baldosas de terrazo, la mezcla de hormigón y materiales cerámicos (terrazo)

representa el ochenta por ciento de la partida total de materiales, seguido del hormigón con un quince por ciento.

Para el proyecto dos (Tabla 69 y figura 59), los materiales cerámicos (gres) representan el ochenta y cinco por ciento de la partida total de materiales seguido del hormigón con un quince por ciento.

Para el proyecto tres (Tabla 70 y figura 60), la piedra (granito) representan el ochenta y nueve por ciento de la partida total de materiales seguido del hormigón con un once por ciento.

El tipo de material común en los tres proyectos es el hormigón y representa entre el once y quince por ciento en cada partida de los proyectos.

*Tabla 68: Porcentaje parciales de cada tipo de residuo en base al CER. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.*

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
<b>17 01 01 Hormigón</b>	15,00%	15,00%	15,00%	15,73%	15,73%	15,73%	15,00%	15,00%	15,00%
<b>17 01 07 Mezcla de hormigón y materiales cerámicos</b>	80,00%	80,00%	80,00%	81,92%	81,92%	81,92%	80,00%	80,00%	80,00%
<b>08 01 11 Color o borada</b>	5,00%	5,00%	5,00%	2,35%	2,35%	2,35%	5,00%	5,00%	5,00%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

**Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos**

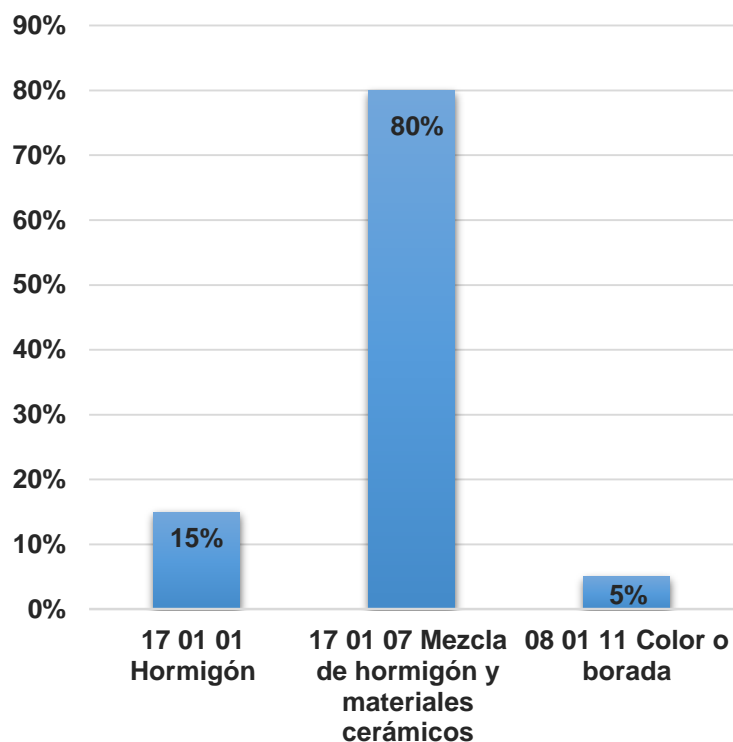


Figura 58: Porcentajes parciales de cada tipo de residuo Proyecto 1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: Porcentaje parciales de cada tipo de residuo en base al CER. Proyecto 2 - Pavimento de baldosas cerámicas de gres rústico

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	15,00%	15,00%	15,00%	27,53%	27,53%	27,53%	15,00%	15,00%	15,00%
17 01 03 Materiales cerámicos	85,00%	85,00%	85,00%	72,47%	72,47%	72,47%	85,00%	85,00%	85,00%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

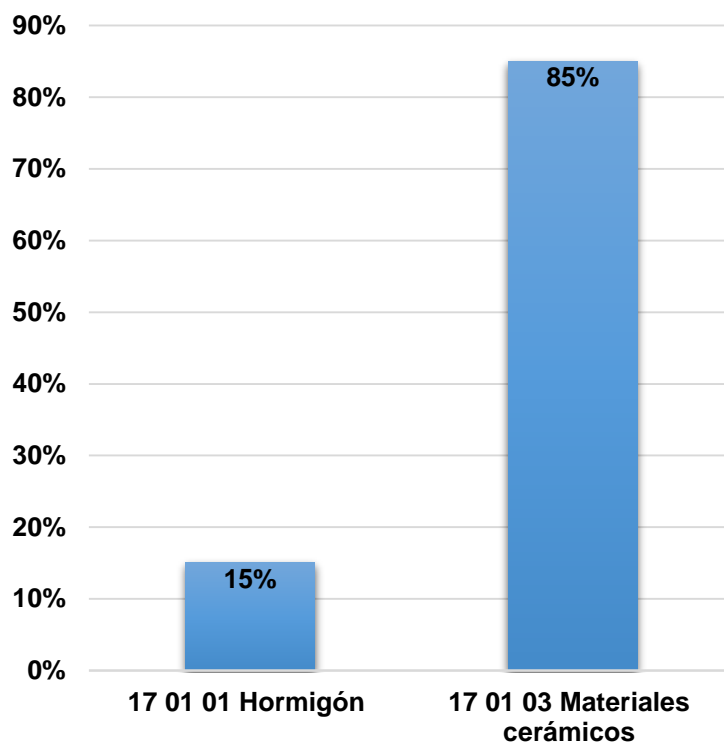


Figura 59: Porcentajes parciales de cada tipo de residuo. Proyecto 2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70: Porcentaje parciales de cada tipo de residuo en base al CER Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	11,00%	11,00%	11,00%	11,16%	11,16%	11,16%	11,00%	11,00%	11,00%
17 06 04 Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	89,00%	89,00%	89,00%	88,84%	88,84%	88,84%	89,00%	89,00%	89,00%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

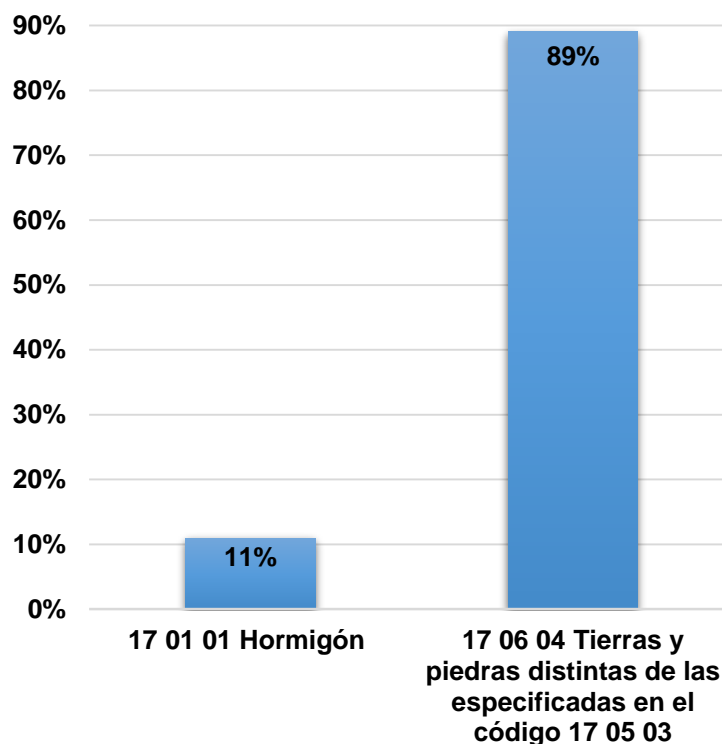


Figura 60: Porcentajes parciales de cada tipo de residuo. Proyecto 3

Fuente: Elaboración propia

- **Reducción de los residuos aplicando la gestión deseada sobre la estándar**

La tabla 71 de reducción de residuos aplicando una gestión deseada sobre la estándar es resultado del promedio de los valores de los residuos generados en peso (t), volumen (m<sup>3</sup>) y coste (€) de cada uno de los proyectos en la gestión estándar y deseada mostrados en las tablas 65, 66 y 67.

La fórmula para obtener esta reducción expresada en porcentajes es la resta de los residuos generados en la gestión estándar menos los residuos generados en la gestión deseada dividido entre los residuos generados en la gestión estándar. La misma se aplica para los valores en toneladas, metros cúbicos y coste.

Tabla 71: Reducción de los residuos aplicando una gestión deseada sobre la estándar

TIPO DE RESIDUOS	TONELADAS	METROS CUBICOS	COSTE
17 01 01 Hormigón	37,50%	37, 50%	37, 50%
17 01 03 Materiales cerámicos	37,50%	37, 50%	37, 50%
17 01 07 Mezcla de hormigón y materiales cerámicos	37,50%	37, 50%	37, 50%
17 06 04 Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	37,50%	37, 50%	37, 50%
08 01 11 Color o borada	37,50%	37,50%	37, 50%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Los datos obtenidos al aplicar las fórmulas de reducción de residuos nos confirman una vez más que ejecutar una gestión deseada ante una estándar puede traer múltiples beneficios. Y en este caso se reduce un aproximado de 37,50 por ciento en cada tipo de material de las partidas tanto en peso como volumen y coste.

Al igual que la *sección 1 (Contenido de reciclado y residuos generados)* para obtener un análisis más exacto de los datos obtenidos de los reportes se procede a la comparación, normalizando cada uno de los datos de los residuos según el tipo de material con los parámetros de homogeneización (Tabla 72) para cada proyecto. Estas normalizaciones se detallan para cada parámetro y proyecto individual desde la tabla 73 hasta la 84.

Tabla 72: Parámetros de homogeneización

Proyectos	BALDOSA		MORTERO	Coste de construcción del proyecto (€)
	Tamaño (M <sup>2</sup> )	Cantidad de por metro cuadrado (Unid/M <sup>2</sup> )	Espesor (M)	
1	0,16	6,20	0,05	56184
2	0,09	10,98	0,03	63207
3	0,24	4,14	0,032	114709

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW



**Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos**

*Tabla 73: Normalización de cada tipo de residuo según el tamaño de baldosa. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.*

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	35,33	2,83	1,77	44,87	3,59	2,24	30023,33	2401,87	1501,17
17 01 07 Mezcla de hormigón y materiales cerámicos	188,45	15,08	9,42	233,68	18,69	11,68	160124,40	12809,95	8006,22
08 01 11 Color o borada	11,78	0,94	0,59	6,71	0,54	0,34	10007,78	800,62	500,39
<b>Total</b>	<b>235,56</b>	<b>18,85</b>	<b>11,78</b>	<b>285,27</b>	<b>22,82</b>	<b>14,26</b>	<b>200155,50</b>	<b>16012,44</b>	<b>10007,78</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

*Tabla 74: Normalización de cada tipo de residuo según el costo de construcción. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.*

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	1,01E-04	8,05E-06	5,03E-06	1,28E-04	1,02E-05	6,39E-06	8,55E-02	6,84E-03	4,28E-03
17 01 07 Mezcla de hormigón y materiales cerámicos	5,37E-04	4,29E-05	2,68E-05	6,65E-04	5,32E-05	3,33E-05	4,56E-01	3,65E-02	2,28E-02
08 01 11 Color o borada	3,35E-05	2,68E-06	1,68E-06	1,91E-05	1,53E-06	9,56E-07	2,85E-02	2,28E-03	1,43E-03
<b>Total</b>	<b>6,71E-04</b>	<b>5,37E-05</b>	<b>3,35E-05</b>	<b>8,12E-04</b>	<b>6,50E-05</b>	<b>4,06E-05</b>	<b>5,70E-01</b>	<b>4,56E-02</b>	<b>2,85E-02</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 75: Normalización de cada tipo de residuo según la cantidad de baldosas por metro cuadrado. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	0,91	0,07	0,05	1,16	0,09	0,06	774,80	61,98	38,74
17 01 07 Mezcla de hormigón y materiales cerámicos	4,86	0,39	0,24	6,03	0,48	0,30	4132,24	330,58	206,61
08 01 11 Color o borada	0,30	0,02	0,02	0,17	0,01	0,01	258,27	20,66	12,91
<b>Total</b>	<b>6,08</b>	<b>0,49</b>	<b>0,30</b>	<b>7,36</b>	<b>0,59</b>	<b>0,37</b>	<b>5165,30</b>	<b>413,22</b>	<b>258,27</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 76: Normalización de cada tipo de residuo según el espesor del mortero. Proyecto 1 - Pavimento de baldosas de terrazo.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	113,07	9,05	5,65	143,60	11,49	7,18	96074,64	7685,97	4803,73
17 01 07 Mezcla de hormigón y materiales cerámicos	603,04	48,24	30,15	747,77	59,82	37,39	512398,08	40991,85	25619,90
08 01 11 Color o borada	37,69	3,02	1,88	21,48	1,72	1,07	32024,88	2561,99	1601,24
<b>Total</b>	<b>753,80</b>	<b>60,30</b>	<b>37,69</b>	<b>912,85</b>	<b>73,03</b>	<b>45,64</b>	<b>640497,60</b>	<b>51239,81</b>	<b>32024,88</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

**Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos**

*Tabla 77: Normalización de cada tipo de residuo según el tamaño de baldosa. Proyecto 2 - Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico.*

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
<b>17 01 01 Hormigón</b>	7,41	0,59	0,37	9,41	0,75	0,47	72688,05	5815,04	3634,40
<b>17 01 03 Materiales cerámicos</b>	42,01	3,36	2,10	24,78	1,98	1,24	411898,95	32951,92	20594,95
<b>Total</b>	<b>49,42</b>	<b>3,95</b>	<b>2,47</b>	<b>34,20</b>	<b>2,74</b>	<b>1,71</b>	<b>484587,00</b>	<b>38766,96</b>	<b>24229,35</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

*Tabla 78: Normalización de cada tipo de residuo según el costo de construcción. Proyecto 2 - Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico.*

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
<b>17 01 01 Hormigón</b>	1,06E-05	8,44E-07	5,28E-07	1,34E-05	1,07E-06	6,70E-07	1,04E-01	8,28E-03	5,18E-03
<b>17 01 03 Materiales cerámicos</b>	5,98E-05	4,79E-06	2,99E-06	3,53E-05	2,82E-06	1,76E-06	5,87E-01	4,69E-02	2,93E-02
<b>Total</b>	<b>7,04E-05</b>	<b>5,63E-06</b>	<b>3,52E-06</b>	<b>4,87E-05</b>	<b>3,90E-06</b>	<b>2,43E-06</b>	<b>6,90E-01</b>	<b>5,52E-02</b>	<b>3,45E-02</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 79: Normalización de cada tipo de residuo según la cantidad de baldosas por metro cuadrado. Proyecto 2 - Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	0,06	4,86E-03	3,04E-03	0,08	0,01	3,86E-03	595,80	47,66	29,79
17 01 03 Materiales cerámicos	0,34	0,03	0,02	0,20	0,02	0,01	3376,22	270,10	168,81
<b>Total</b>	<b>0,41</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,28</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>3972,02</b>	<b>317,76</b>	<b>198,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 80: Normalización de cada tipo de residuo según el espesor del mortero. Proyecto 2 - Pavimentos de baldosas cerámicas de gres rústico.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	22,24	1,78	1,11	28,24	2,26	1,41	218064,15	17445,13	10903,21
17 01 03 Materiales cerámicos	126,02	10,08	6,30	74,35	5,95	3,72	1235696,85	98855,75	61784,84
<b>Total</b>	<b>148,26</b>	<b>11,86</b>	<b>7,41</b>	<b>102,60</b>	<b>8,21</b>	<b>5,13</b>	<b>1453761,00</b>	<b>116300,88</b>	<b>72688,05</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

**Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos**

*Tabla 81: Normalización de cada tipo de residuo según el tamaño de baldosa. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.*

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	5,90	0,47	0,30	7,49	0,60	0,37	37853,97	3028,32	1892,70
17 06 04 Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	47,75	3,82	2,39	59,68	4,77	2,98	306273,03	24501,84	15313,65
<b>Total</b>	<b>53,65</b>	<b>4,29</b>	<b>2,68</b>	<b>67,18</b>	<b>5,37</b>	<b>3,36</b>	<b>344127,00</b>	<b>27530,16</b>	<b>17206,35</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

*Tabla 82: Normalización de cada tipo de residuo según el costo de construcción. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.*

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	1,23E-05	9,88E-07	6,17E-07	1,57E-05	1,25E-06	7,84E-07	7,92E-02	6,34E-03	3,96E-03
17 06 04 Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	9,99E-05	7,99E-06	4,99E-06	1,25E-04	9,99E-06	6,24E-06	6,41E-01	5,13E-02	3,20E-02
<b>Total</b>	<b>1,12E-04</b>	<b>8,98E-06</b>	<b>5,61E-06</b>	<b>1,41E-04</b>	<b>1,12E-05</b>	<b>7,03E-06</b>	<b>7,20E-01</b>	<b>5,76E-02</b>	<b>3,60E-02</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 83: Normalización de cada tipo de residuo según la cantidad de baldosas por metro cuadrado. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	0,34	0,03	0,02	0,43	0,03	0,02	2194,43	175,55	109,72
17 06 04 Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	2,77	0,22	0,14	3,46	0,28	0,17	17754,96	1420,40	887,75
<b>Total</b>	<b>3,11</b>	<b>0,25</b>	<b>0,16</b>	<b>3,89</b>	<b>0,31</b>	<b>0,19</b>	<b>19949,39</b>	<b>1595,95</b>	<b>997,47</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

Tabla 84: Normalización de cada tipo de residuo según el espesor del mortero. Proyecto 3 - Pavimento de baldosas de granito.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
17 01 01 Hormigón	44,26	3,54	2,21	56,21	4,50	2,81	283904	22712	14195
17 06 04 Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	358,10	28,65	17,91	447,62	35,81	22,38	2297047	183763	114852
<b>Total</b>	<b>402,36</b>	<b>32,19</b>	<b>20,12</b>	<b>503,83</b>	<b>40,31</b>	<b>25,19</b>	<b>2580952</b>	<b>206476</b>	<b>129047</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes generados en la herramienta NW

A partir de las tablas de normalización de los tipos de residuos generados según el CER para cada proyecto en base a los parámetros de homogeneización seleccionados se realizan las siguientes figuras donde se compara los tipos de residuos generados en peso, volumen y costo para ambos tipos de gestión y se obtienen conclusiones.

En las figuras 61, 62, 63 y 64 se compara los tipos de residuos en peso (t), volumen (M<sup>3</sup>) y coste (€) según el parámetro de homogeneización “Tamaño de baldosa (M<sup>2</sup>)”

En la figura 61 se observa la comparación del peso (toneladas) de los tipos de residuos generados en cada uno de los proyectos respecto al tamaño de la baldosa (M<sup>2</sup>), lo que indica que los materiales que generan mayores residuos son los de la baldosas, destacándose el terrazo (17 01 07) como el material que genera mayor residuos y los materiales cerámicos (17 01 03) los que menos generan.

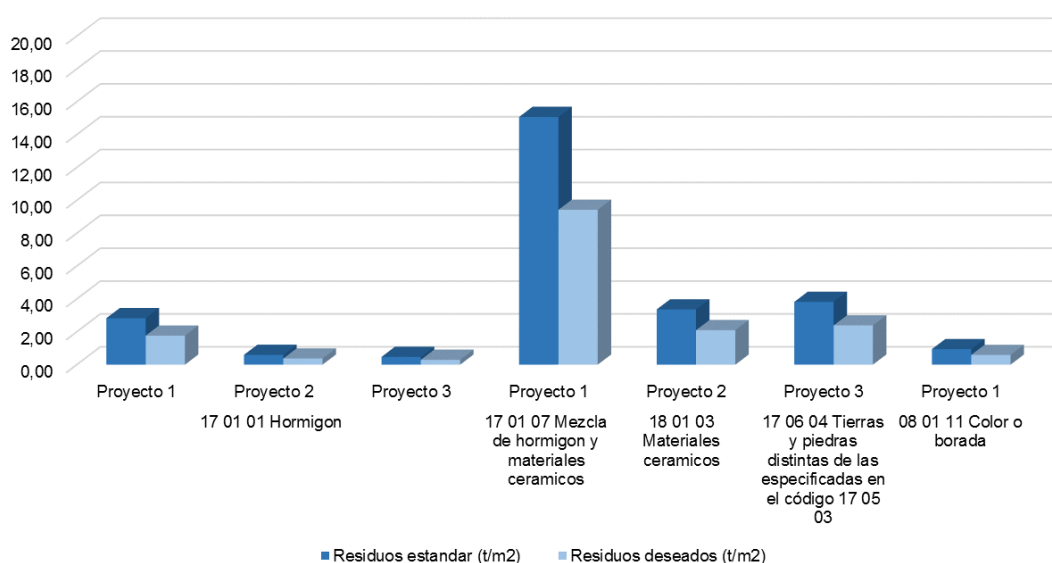


Figura 61: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) según el tamaño de la baldosa (M<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración propia

Respecto al hormigón como material común para los tres proyectos se observa que el proyecto que genera mayores residuos con este material también es el proyecto con pavimento de baldosas de terrazo.

En el mismo sentido en la figura 62 se compara el volumen (M<sup>3</sup>) de diferentes residuos generados en ambas gestiones donde se observa que el comportamiento es muy similar al del peso donde predomina los residuos generados por la baldosas de terrazo (17 01 07) y la baldosa de granito (17 06 04), con la ligera diferencia que el hormigón del proyecto uno incrementa su volumen y se posiciona como el tercer material en generar mayor volumen de residuos.

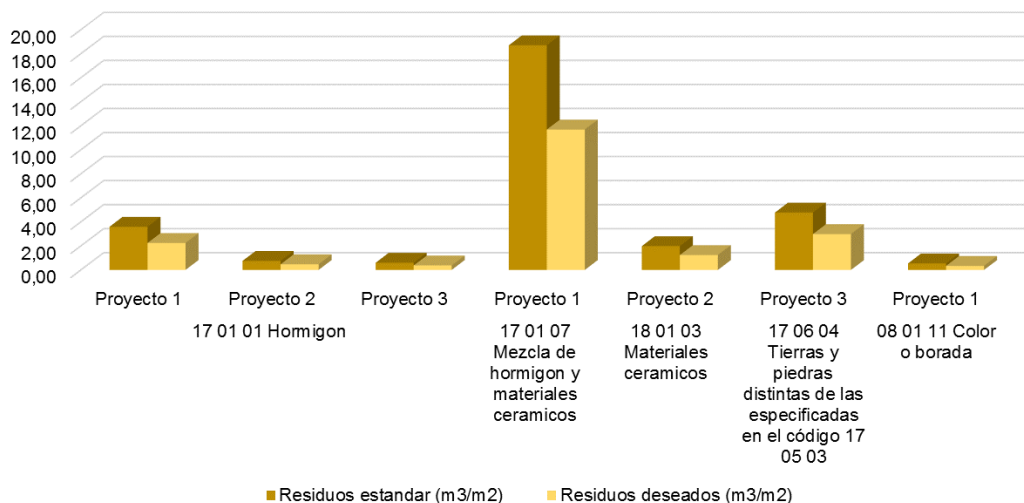


Figura 62: Comparación de los tipos de residuos en volumen (M³) según el tamaño de la baldosa (M²)

Fuente: Elaboración propia

Como las variables de peso y volumen están relacionadas se hace una comparación en la figura 63 de ambas variables para cada tipo de material generado en los proyectos, con la que se puede observar de forma más clara que los residuos que generan el hormigón, la baldosa de terrazo (17 01 07) y la baldosa de granito (17 06 04) tiene mayor volumen que peso.

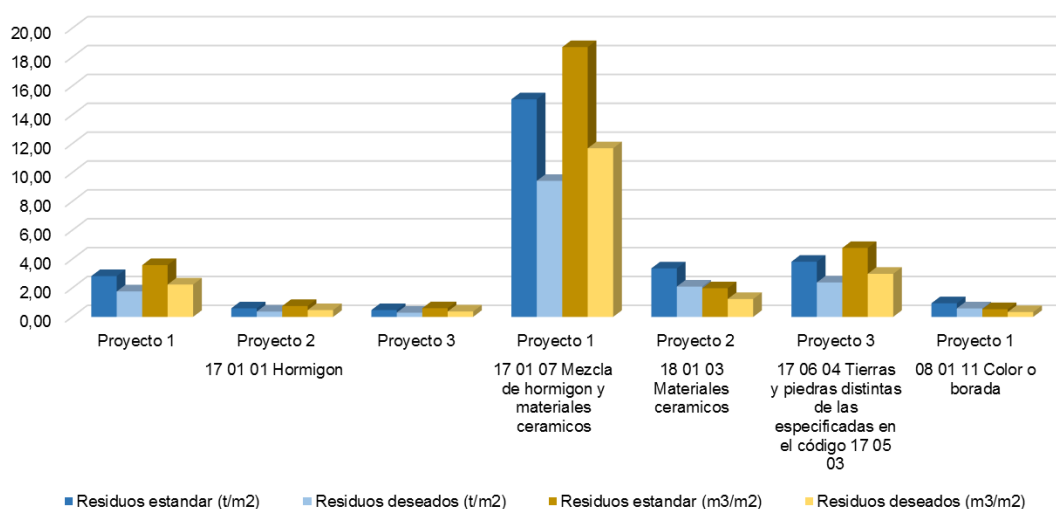


Figura 63: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) y volumen (M³) según el tamaño de la baldosa (M²)

Fuente: Elaboración propia



Y con relación al coste del valor de los residuos se observa en la figura 64 que los residuos más costosos son los generados por el proyecto dos (pavimento de baldosas cerámicas de gres), seguido del proyecto tres (Granito) tanto para el hormigón como para los materiales de baldosas.

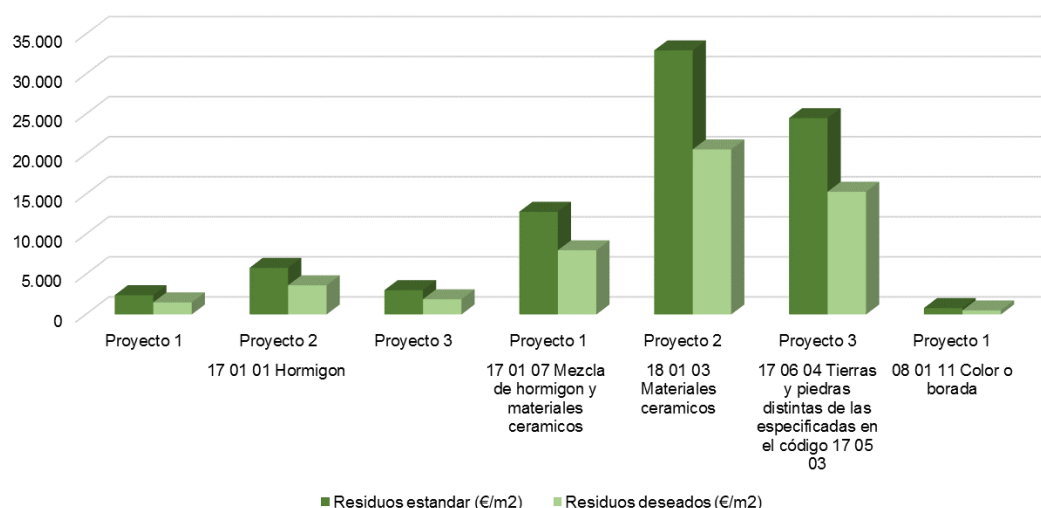


Figura 64: Comparación de los tipos de residuos en coste (€) según el tamaño de la baldosa (M<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración propia

Con la siguiente tabla 85 se resumen de los residuos totales de cada uno de los proyectos en base al tamaño de la baldosa como parámetro de homogeneización, se confirma que el proyecto uno es el que mayor residuos genera en toneladas y volumen tanto para la gestión deseada como la estándar y los que menor coste tienen. Y el proyecto dos (Pavimento de baldosas cerámicas de gres) el que menor residuos genera en toneladas y metros cúbicos pero el de mayor coste.

Tabla 85: Residuos totales de los proyectos según el tamaño de baldosa

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m <sup>3</sup> )	Residuos estándar (m <sup>3</sup> )	Residuos deseados (m <sup>3</sup> )	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
<b>Proyecto 1</b>	235,56	18,85	11,78	285,27	22,82	14,26	200.155,50	16.012,44	10.007,78
<b>Proyecto 2</b>	49,42	3,95	2,47	34,20	2,74	1,71	484.587,00	38.766,96	24.229,35
<b>Proyecto 3</b>	53,65	4,29	2,68	67,18	5,37	3,36	344.127,00	27.530,16	17.206,35

Fuente: Elaboración propia

La segunda comparación de los tipos de residuos en peso (t), volumen (M<sup>3</sup>) y coste (€) se realiza en base al parámetro de homogeneización “Coste total de construcción (€)” con las figuras 65, 66, 67 y 68

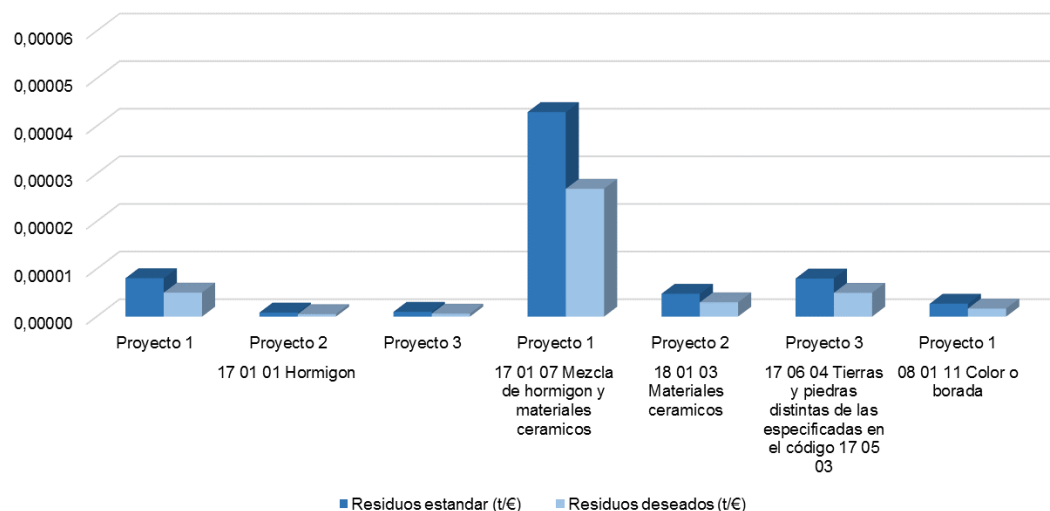


Figura 65: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) según el coste total de construcción (€)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 65 se observa la comparación del peso (toneladas) de los diferentes tipos de residuos generados en cada uno de los proyectos respecto al coste total de construcción (M<sup>2</sup>), lo que indica que los materiales que generan mayores residuos en peso son el hormigón y la baldosa de terrazo (17 01 07) del proyecto uno, seguido del granito (17 06 04) del proyecto tres.

En el mismo sentido en la figura 66 se compara el volumen (M<sup>3</sup>) de diferentes residuos generados en ambas gestiones donde se observa que el comportamiento es muy similar al del peso donde predomina el volumen de los residuos generados por el hormigón y la baldosas de terrazo (17 01 07) del proyecto uno y la baldosa de granito (17 06 04) del proyecto tres.

## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

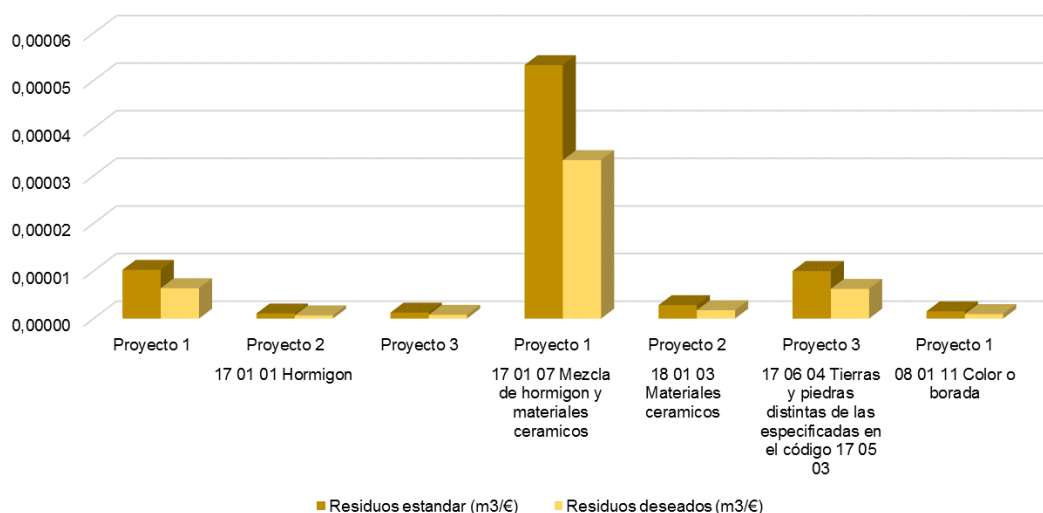


Figura 66: Comparación de los tipos de residuos en volumen (M³) según el coste total de construcción (€)

Fuente: Elaboración propia

Como las variables de peso y volumen están relacionadas se hace una comparación de ambas variables para cada tipo de material generado en los proyectos en la figura 67, con la que se puede observar de forma más clara que los residuos que generan el hormigón, la baldosa de terrazo (17 01 07) y la baldosa de granito (17 06 04) tiene mayor volumen que peso.

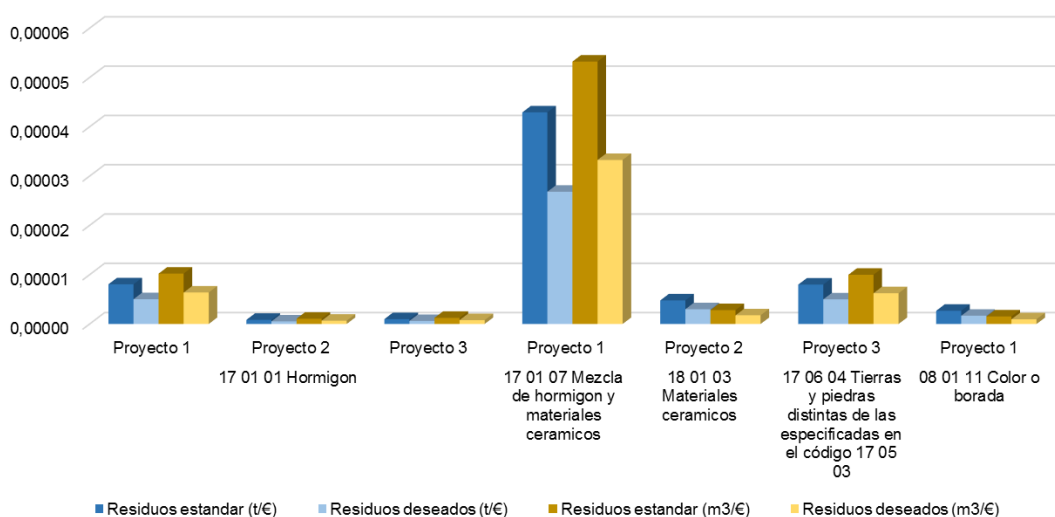


Figura 67: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) y volumen (M³) según el coste total de construcción (€)

Fuente: Elaboración propia

Y con relación al coste del valor de los residuos se observa en la figura 68 que los residuos más costosos son los generados por el granito en el proyecto tres (17 06

04), seguido de la cerámica (17 01 03) en el proyecto dos y el terrazo (17 01 07) del proyecto uno.

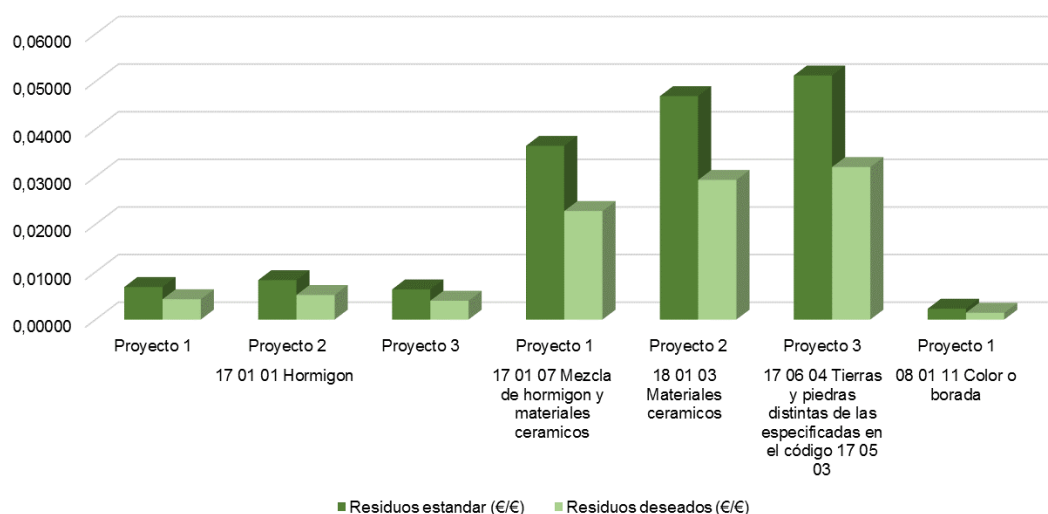


Figura 68: Comparación de los tipos de residuos en coste (€) según el coste total de construcción (€)

Fuente: Elaboración propia

Y con la siguiente tabla, resumen de los residuos totales de cada uno de los proyectos en base coste total de construcción como parámetro de homogeneización se confirma una vez más que el proyecto uno (Pavimento de baldosas de terrazo) es el que mayor residuos genera en toneladas y volumen tanto para la gestión deseada como la estándar pero lo que menos coste tienen; el proyecto dos (Pavimento de baldosas cerámicas de gres) el que menor residuos genera en toneladas y metros cúbicos y el proyecto tres el que tiene mayor coste en los residuos generados (Tabla 86)

Tabla 86: Residuos totales de los proyectos según el costo de construcción

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m³)	Residuos estándar (m³)	Residuos deseados (m³)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
Proyecto 1	0,00067	0,00005	0,00003	0,00081	0,00006	0,00004	0,57000	0,04560	0,02850
Proyecto 2	0,00007	0,00001	0,00000	0,00005	0,00000	0,00000	0,69000	0,05520	0,03450
Proyecto 3	0,00011	0,00001	0,00001	0,00014	0,00001	0,00001	0,72000	0,05760	0,03600

Fuente: Elaboración propia

La tercera comparación de los tipos de residuos en peso (t), volumen (M<sup>3</sup>) y coste (€) se realiza en base al parámetro de homogeneización “Cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/M<sup>2</sup>)” con las figuras 69, 70, 71 y 72.

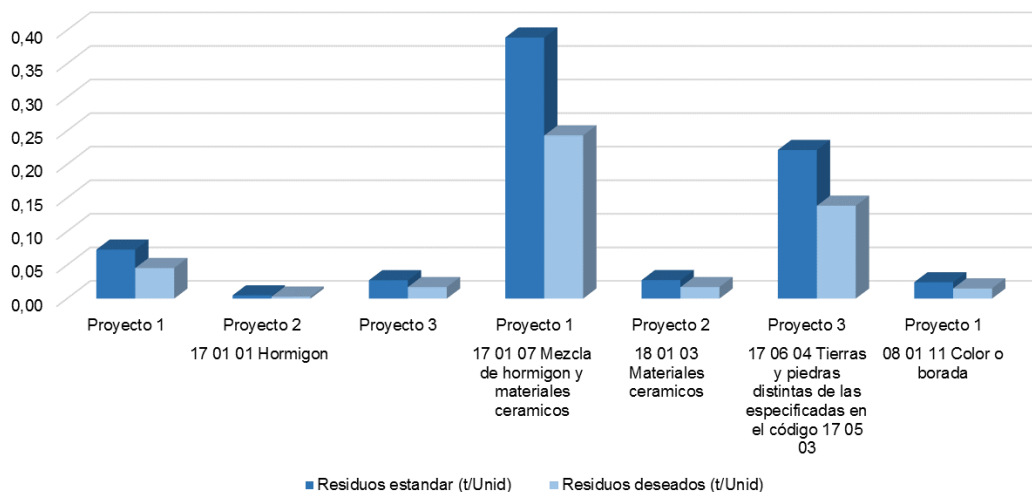


Figura 69: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/M<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 69 se observa la comparación del peso (toneladas) de los diferentes tipos de residuos generados en cada uno de los proyectos respecto a la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento, lo que indica que los materiales que generan mayores residuos en peso siguen siendo el hormigón y la baldosa de terrazo (17 01 07) del proyecto uno, seguido del granito (17 06 04) del proyecto tres.

En el mismo sentido en la figura 70 se compara el volumen (M<sup>3</sup>) de los diferentes residuos generados en ambas gestiones donde se observa que el comportamiento es muy similar al del peso donde predomina el volumen de los residuos generados por el hormigón y la baldosas de terrazo (17 01 07) del proyecto uno y la baldosa de granito (17 06 04) del proyecto tres.

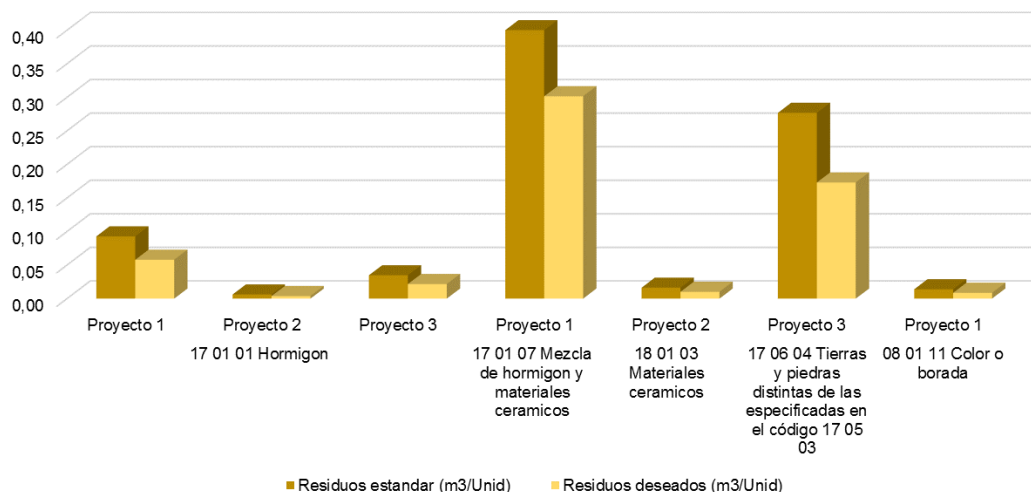


Figura 70: Comparación de los tipos de residuos en volumen ( $M^3$ ) según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/ $M^2$ )

Fuente: Elaboración propia

Como las variables de peso y volumen están relacionadas en la figura 71 se hace una comparación de ambas variables para cada tipo de material generado en los proyectos, con la que se puede observar una vez más que los residuos que generan el hormigón, la baldosa de terrazo (17 01 07) y la baldosa de granito (17 06 04) tiene mayor volumen que peso.

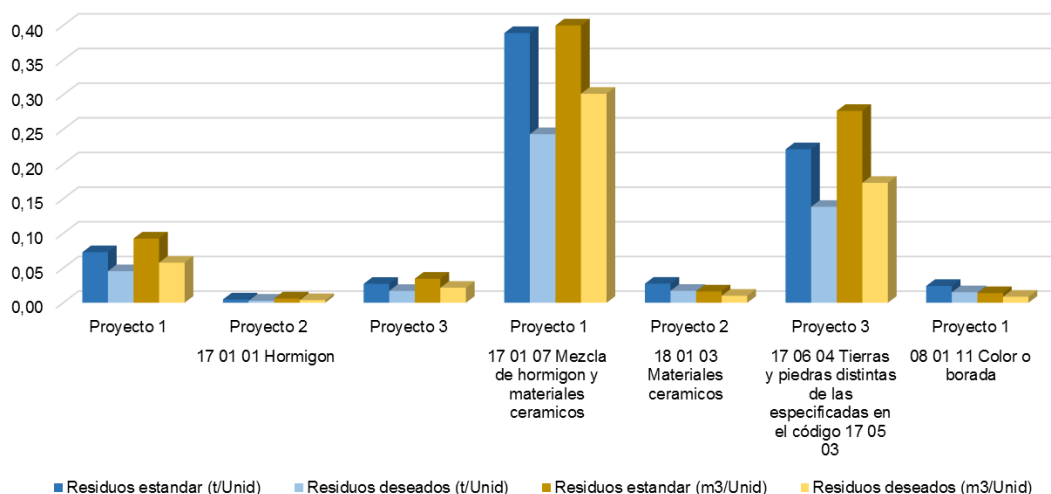


Figura 71: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) y volumen ( $M^3$ ) según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/ $M^2$ )

Fuente: Elaboración propia

Y con relación al coste del valor de los residuos se observa en la figura 72 que los residuos más costosos son los generados por el granito en el proyecto tres (17 06

04), seguido del terrazo del proyecto uno (17 01 07) y la cerámica del proyecto dos (17 01 03)

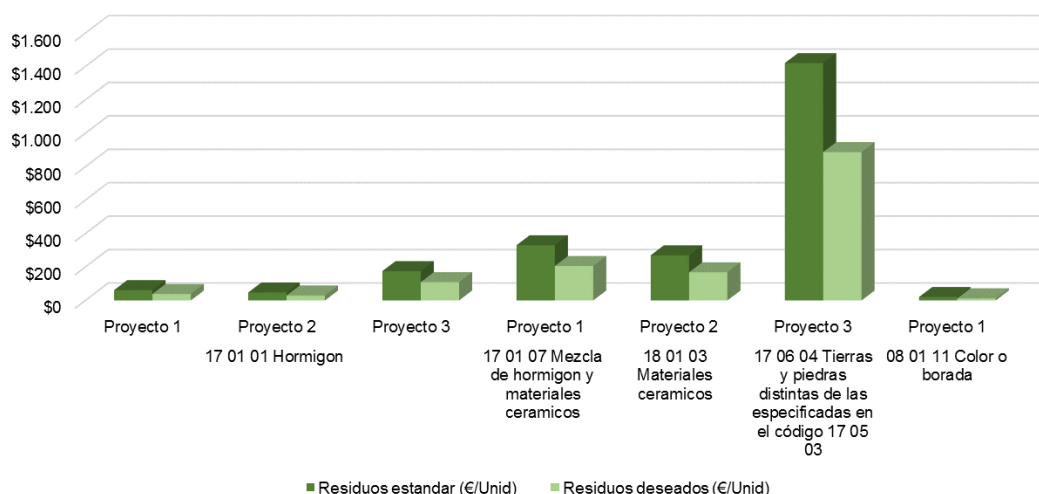


Figura 72: Comparación de los tipos de residuos en coste (€) según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento (Unidades/M<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración propia

Con la siguiente tabla 87 se resume los residuos totales de cada uno de los proyectos en base a la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento como parámetro de homogeneización, donde se confirma una vez más que el proyecto uno (Pavimento de baldosas de terrazo) es el que mayor residuos genera en toneladas y volumen tanto para la gestión deseada como la estándar; el proyecto dos (Pavimento de baldosas cerámicas de gres) el que menor residuos genera en toneladas y metros cúbicos y el que menos costo tiene; y el proyecto tres es el que tiene mayor coste en los residuos generados.

Tabla 87: Residuos totales de los proyectos según la cantidad de baldosas por metro cuadrado de pavimento.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m <sup>3</sup> )	Residuos estándar (m <sup>3</sup> )	Residuos deseados (m <sup>3</sup> )	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
Proyecto 1	6,079	0,486	0,304	7,362	0,589	0,368	5.165,303	413,224	258,265
Proyecto 2	0,405	0,032	0,020	0,280	0,022	0,014	3.972,025	317,762	198,601
Proyecto 3	3,110	0,249	0,156	3,894	0,312	0,195	19.949,391	1.595,951	997,470

Fuente: Elaboración propia

Y por último la cuarta comparación de los tipos de residuos en peso (t), volumen ( $M^3$ ) y coste (€) se realiza en base al parámetro de homogeneización “Espesor de mortero como material de agarre de las baldosas (M)” con las figuras 73, 74, 75 y 76.

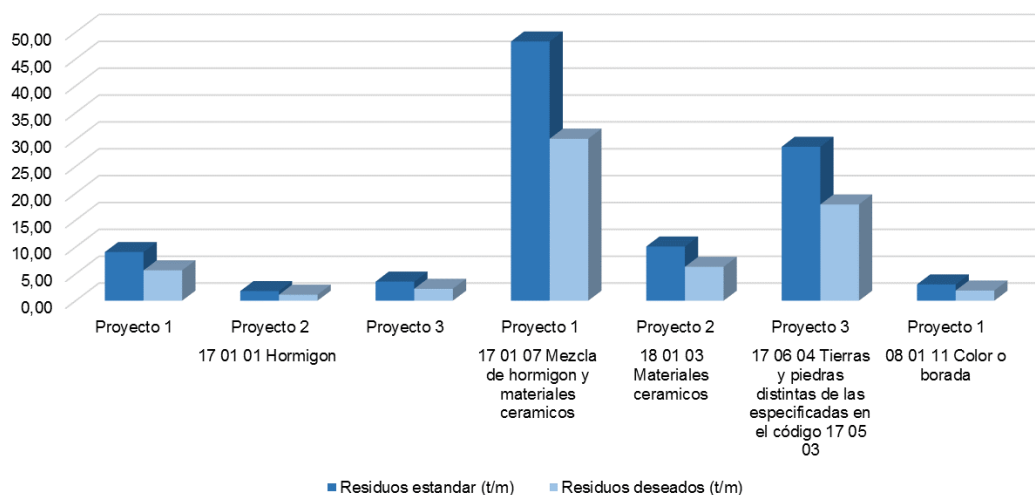


Figura 73: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) según espesor del mortero como material de agarre (M)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 73 se observa la comparación del peso (toneladas) de los diferentes tipos de residuos generados en cada uno de los proyectos respecto al espesor del mortero (M), lo que indica una vez más que los materiales que generan mayores residuos en peso son el hormigón y la baldosa de terrazo (17 01 07) del proyecto uno, seguido del granito (17 06 04) del proyecto tres.

En el mismo sentido en la figura 74 se compara el volumen ( $M^3$ ) de diferentes residuos generados en ambas gestiones donde se observa que el comportamiento es muy similar al del peso donde predomina el volumen de los residuos generados por el hormigón y la baldosas de terrazo (17 01 07) del proyecto uno y la baldosa de granito (17 06 04) del proyecto tres.



## Estudio comparativo de evaluación de alternativas en pavimentos interiores mediante criterios sostenibles en su eventual generación de residuos

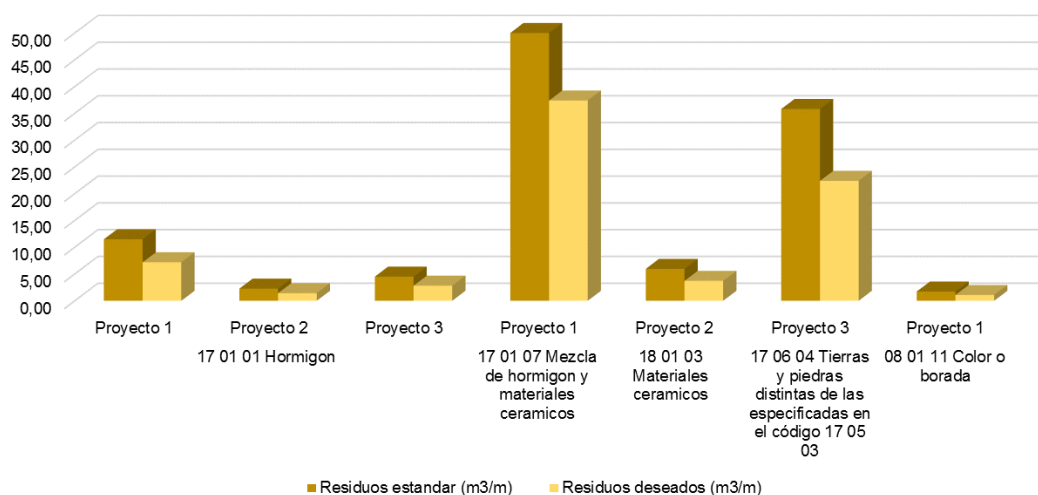


Figura 74: Comparación de los tipos de residuos en volumen ( $M^3$ ) según espesor del mortero como material de agarre (M)

Fuente: Elaboración propia

Como las variables de peso y volumen están relacionadas se hace una comparación de ambas variables para cada tipo de material generado en los proyectos en la figura 75, con la que se puede observar de forma más clara que los residuos que generan el hormigón, la baldosa de terrazo (17 01 07) y la baldosa de granito (17 06 04) tiene mayor volumen que peso.

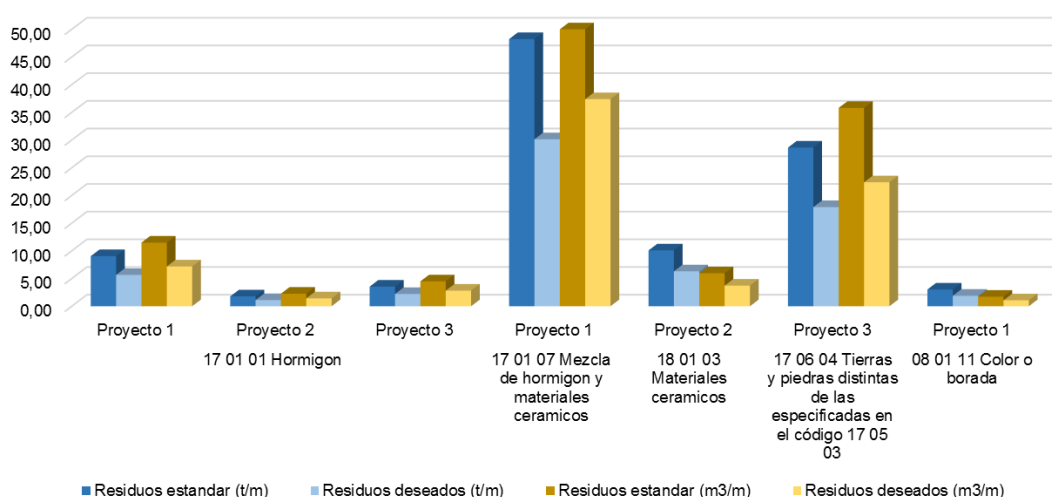


Figura 75: Comparación de los tipos de residuos en peso (t) y volumen ( $M^3$ ) según espesor del mortero como material de agarre (M)

Fuente: Elaboración propia

Y con relación al coste del valor de los residuos se observa en la figura 76 que los residuos más costosos son los generados por el granito en el proyecto tres (17 06 04), seguido de la cerámica (17 01 03) en el proyecto dos y el terrazo (17 01 07) del proyecto uno.

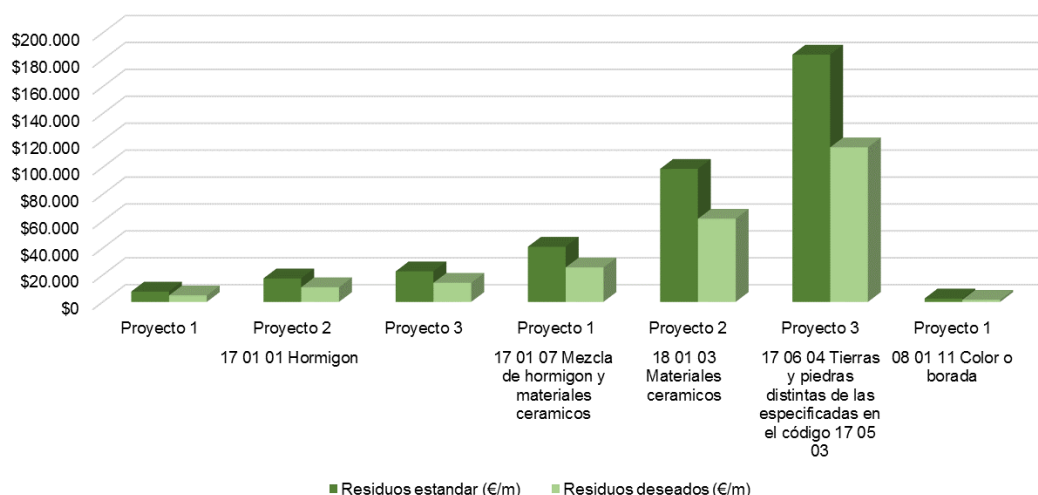


Figura 76: Comparación de los tipos de residuos en coste (€) según espesor del mortero como material de agarre (M)

Fuente: Elaboración propia

Con la siguiente tabla 88 se resume los residuos totales de cada uno de los proyectos en base al espesor como parámetro de homogeneización se confirma una vez más que el proyecto uno (Pavimento de baldosas de terrazo) es el que mayor residuos genera en toneladas y volumen tanto para la gestión deseada como la estándar pero lo que menos coste tienen; el proyecto dos (Pavimento de baldosas cerámicas de gres) es el que menor residuos genera en toneladas y metros cúbicos y el proyecto tres es el que tiene mayor coste en los residuos generados.

Tabla 88: Residuos totales de los proyectos según el espesor del mortero.

Tipo de residuos según CER	Total de materiales (t)	Residuos estándar (t)	Residuos deseados (t)	Total de materiales (m3)	Residuos estándar (m3)	Residuos deseados (m3)	Total de materiales (€)	Residuos estándar (€)	Residuos deseados (€)
Proyecto 1	753,80	60,30	37,69	912,85	73,03	45,64	640.497,60	51.239,81	32.024,88
Proyecto 2	148,26	11,86	7,41	102,60	8,21	5,13	1.453.761,00	116.300,88	72.688,05
Proyecto 3	402,36	32,19	20,12	503,83	40,31	25,19	2.580.952,50	206.476,20	129.047,63

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizados y comparados cada uno de los proyectos bajo los parámetros de homogenización, se destaca que los cuatro parámetros de homogenización coinciden en peso, volumen y coste que los materiales de las baldosas son los que presentan mayor influencia en un pavimento, principalmente porque ocupan el mayor porcentaje de la partida en costo, densidad y volumen.

Así mismo, se concluye que el proyecto que genera mayores residuos en toneladas y metros cúbicos es el proyecto con pavimentos de baldosas de terrazo, esto se atribuye al proceso de fabricación de la pieza y a un mayor espesor y densidad del material respecto a los demás, pero presenta como ventajas un menor coste en los residuos generados, por su bajo coste de material y construcción y mayor porcentaje de reciclado. Mientras que el proyecto de pavimento de baldosas cerámicas es el que menos residuos genera en peso y volumen.

Por otro lado el hormigón, como material común de agarre de las baldosas, representa un porcentaje menor de la partida total del pavimento, por lo tanto los residuos generados por este son menores a los de la baldosa, pero aún así el proyecto de baldosas de terrazo se destaca por ser el que mayor residuo genera con este material.

Respecto al coste de los residuos, hay variaciones dependiendo del parámetro homogeneizador, pero usando como referencia el “espesor del mortero” como parámetro de decisión, se concluye que el proyecto con pavimentos de baldosas de granito es el de mayor coste de residuos, tanto con la baldosa como con el hormigón, esto se atribuye al alto coste de la piedra natural de donde se extrae.

**Autor: Arq. Doriana Lorenzo**  
**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

## 7. CONCLUSIONES

En este apartado se exponen los resultados obtenidos a partir de comparaciones realizadas entre los casos de estudio bajo los parámetros de homogenización seleccionados, a partir de los cuales se presentan las conclusiones generales, específicas y personales de la investigación realizada.

### 7.1. Generales

1. Al ejecutar un proyecto de construcción, los residuos generados, en específico los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) representan una gran oportunidad para obtener material reciclado como los áridos, para su uso alternativo o aplicaciones dentro de la misma obra en donde se generan, es decir, para la reutilización y el reciclaje; pero por otra parte éstos pueden llegar a generar un gran impacto negativo al medioambiente por su acumulación en vertederos.
2. Determinar la cantidad y tipo de residuos que se generan con diferentes materiales de pavimentos en una obra puede suponer una mejora sostenible en la industria de la construcción al reducir los residuos de estos materiales destinados a verteros.
3. Al analizar los diferentes materiales de pavimentos, se comprueba que establecer técnicas de minimización de residuos y una adecuada gestión de estos residuos aporta beneficios económicos para la obra y beneficios medioambientales para los agentes de la naturaleza, ya que se evita el uso de materiales innecesarios en la obra y se generan menos residuos en el proceso de ejecución de ésta. Lo cual se pudo demostrar con las diferencias de una gestión deseada ante una estándar, obtenidas en la simulación de residuos generados por los diferentes materiales de pavimentos analizados.

### 7.2. Específicas

1. La partida más costosa de los pavimentos analizados es la del granito, seguido de la partida de pavimento de baldosas de gres rústico y por último la del terrazo, siendo esta la más económica respecto a las demás. La diferencia de

coste entre el pavimento de terrazo y el de gres rústico no es elevado, pero el pavimento de granito se excede respecto al valor del terrazo en más del doble del coste de material y en coste de construcción; esto se atribuye a que la piedra natural es un material de alto coste, lo que también se refleja en el valor y coste total de residuos, tanto de la gestión estándar como de la deseada, siendo mayor en el proyecto de pavimento de baldosas de granito y menor en el proyecto de baldosas de terrazo.

2. El coste total de reciclaje siempre será mayor en una gestión estándar que en una deseada, ya que no se aplican técnicas de minimización. Pero si el valor es negativo, como el caso de la gestión deseada de los casos de estudio, quiere decir que el valor de los materiales reciclados y reutilizados que se han incorporado a la obra es mayor que el valor de los residuos eliminados, por lo tanto, el coste total de reciclaje es cero y se puede obtener un beneficio.
3. El proyecto de pavimento de terrazo es el que tiene el valor negativo más bajo, es decir, el proyecto que podría tener el menor coste de reciclaje por su alto contenido de reciclado respecto a los demás, por lo tanto hay mayores posibilidades de recuperación de material a pesar de que es el que mayor coste de eliminación tiene, tanto en la gestión estándar como deseada.
4. El rendimiento obtenido en los tres proyectos aplicando una gestión estándar sobre una deseada indica que aplicar técnicas de minimización de residuos mejora y puede llegar a reducir al mínimo la contaminación y los costes de eliminación. El mayor rendimiento en reducción de residuos se produce en el proyecto tres de pavimentos de baldosas de granito, con un 26,61% en reducción de residuos en toneladas y un 38,53% en reducción de costes de contenedores, a pesar que el incremento de valor de los materiales recuperados es solo el 10%.
5. Los parámetros de homogeneización utilizados, que obtuvieron mayor sensibilidad por su recorrido en la gráfica 53 frente a la normalización de residuos de cada proyecto son el espesor del mortero y el tamaño de las baldosas, expresado en metros cuadrados, por tanto son seleccionados como los parámetros de decisión de los resultados.
6. El material común entre los casos de estudio es el hormigón, su porcentaje respecto al total de materiales en las partidas es un 15% en el proyecto con

pavimento de baldosas de terrazo y el proyecto con pavimento de baldosas cerámicas de gres y un 11% en el pavimento de baldosas de granito.

7. La reducción de los tipos de residuos al aplicar una gestión deseada sobre una estándar es de un 37,50% en todos los casos en peso, en volumen y en costo; por esta razón se podría decir que aplicar técnicas de minimización de residuos y establecer un adecuada gestión de residuos trae beneficios económicos y medioambientales, pues las toneladas de materiales destinados a vertederos, el volumen que ocupan y el coste que tienen es menor.
8. Los tipos de residuos generados se pueden agrupar en dos grupos generales, los materiales de baldosas y el hormigón, los materiales de baldosas son los que generan mayores residuos frente al material de agarre y juntas (hormigón), ya que es el material que mayor porcentaje abarca de la partida.
9. Tomando en cuenta el grupo de materiales de baldosas, se determina que la baldosa de terrazo es la que genera mayores residuos, pues es la que mayor espesor tiene, por tanto mayor peso y volumen. El pavimento de baldosas cerámicas de gres, es el que menos espesor tiene en baldosa y mortero, lo que se refleja en la cantidad de residuos en peso y volumen que es menor. Pero con el coste de los residuos de estos materiales de baldosas la situación cambia, el proyecto con pavimento de baldosas de terrazo es el que menor coste tiene y el proyecto con pavimento de baldosas de granito el que mayor coste tiene.
10. Respecto al hormigón, como material común en los tres proyectos, se obtuvo una variación constante, pero en peso y volumen los residuos generados en el proyecto con pavimentos de baldosas cerámicas y el proyecto con baldosas de granito son muy parecido, sobresaliendo con mayores residuos el proyecto de pavimento de baldosas de terrazo.
11. El volumen y la densidad de los materiales (Baldosas y Hormigón) influye en la generación de residuos de un material. Por lo tanto el pavimento con mayor volumen y densidad, en este caso, el de baldosas de terrazo es el que genera mayores residuos en la construcción tanto en peso como volumen. El pavimento de baldosas gres con menor volumen y densidad es el que menos residuos genera en peso y volumen en ambos tipo de gestiones (Estándar y Deseada).

12. Pero si se analiza desde el punto de vista del coste, se obtiene que a mayor coste de materiales, mayor coste tienen los residuos; en este caso el pavimento de baldosas de terrazo es el que menor coste tiene en sus residuos, ya que es la partida más económica y el pavimento de baldosas de granito tiene mayor coste en residuos y en construcción por ser la partida más costosa.
13. A pesar de que el granito es una piedra natural y la normativa española plantea que los pavimentos de piedra natural son los que se deben considerar para el uso en cualquier espacio, en este caso es el que mayor coste tiene en la construcción, así como menor porcentaje de recuperación de materiales por su proceso de fabricación, pero en el que se obtiene un mayor rendimiento al aplicar una gestión deseada respecto al peso y al volumen.

### **7.3. Personales**

Mi inclinación por estudiar al tema de la rehabilitación desde iniciado el máster me lleva a cursar la asignatura optativa de las 3R's, y a partir del conocimiento adquirido en ésta surge la motivación de realizar este trabajo final de máster, el cual me ha orientado a tener más conciencia ante los residuos que se generan, tanto en la industria de la construcción como en la vida cotidiana.

El estudio teórico realizado previo a la obtención de resultados, me ha aportado conocimientos sobre las fases de una obra, en específico la fase de pavimentos, sus características, normas, exigencias, los materiales disponibles en el mercado español, entre otras cosas.

De igual modo, un aporte significativo ha sido el uso de nuevas herramientas como CYPE Ingenieros y su generador de precios y Net Waste Tools para simulación de residuos, lo cual me ha enseñado cómo determinar de la forma más exacta posible los residuos que podría generar un proyecto en cada fase, para cada elemento y partida de su construcción, así como los datos iniciales para establecer medidas de reducción de residuos desde el proceso de diseño.

Por otro lado, el manejo de estas herramientas ha sido un reto, ya que desconocía sus usos y aplicación en el ámbito de la construcción y también por la complejidad



que representa manejar un vocabulario técnico en inglés como es el caso de la herramienta Net Waste, utilizada para la simulación de residuos.

En este sentido, uno de los objetivos que quisiera alcanzar a partir de este trabajo es la aplicación de este estudio en mi país de origen “República Dominicana”, realizando esta misma comparativa con los materiales de pavimentos locales de mayor uso en la construcción.

Siendo de interés también, aplicar este estudio a los elementos de una obra con materiales locales y/o de mayor uso en la construcción, con el objetivo de tomar medidas y establecer una gestión de residuos para cada proyecto que se pueda realizar en la República Dominicana, dejando claro que toda gestión de residuos debe empezar desde la fase de diseño.

Y porque no, crear una guía de qué elementos y materiales generan más residuos, planteando a partir de esta información criterios de diseño y una adecuada gestión de residuos en la Republica Dominicana.

**Autor: Arq. Doriana Lorenzo**  
**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. Mañà i Reixach, F., González i Barroso, J., & Sagrera i Cuscó, A. (2000). *Plan de Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*. Barcelona: Graficos Contraste SL.
2. (WRAP), W. &. (2009). *WRAP Net Waste Tools*. Obtenido de Quick Start Guide: <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/WRAP%20NW%20Tool%20-%20Quick%20Start%20Guide2.pdf>
3. ABRASIVOS DE ESPAÑA, S. (2016). *ABRESSA GROUP*. Obtenido de <http://www.abressa.com/es/productos/terratzo/>
4. ASCER. (2006). *Guía de la baldosa cerámica; COLEGIO TERRITORIAL DE ARQUITECTOS DE CASTELLÓN. C.O.A.C.V.; DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA Y VIVIENDA. COPUT; INSTITUTO DE TECNOLOGIA CERÁMICA (ITC-AICE); WEBER ET BROUTIN - CEMARKSA*. Valencia.
5. Bossink, B., & Brouwers, H. (1996). Construction Waste: Quantification and Source Evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*, págs. 55-60.
6. Burton, E., & Friedrich, N. (2008). *NET WASTE TOOLS, Guide to Reference Data*. Obtenido de WRAP: <http://nwtool.wrap.org.uk/Documents/WRAP%20NW%20Tool%20Data%20Report.pdf>
7. Centro Catalán del reciclaje, & Generalidad de Cataluña, D. J. (2002). *Agencia de Residuos de Catalunya*. Obtenido de [http://residus.gencat.cat/ca/lagencia/publicacions/residus\\_de\\_la\\_construccio](http://residus.gencat.cat/ca/lagencia/publicacions/residus_de_la_construccio)
8. Chandrakanthi, M., Hettiaratchi, P., Prado, B., & Ruwanpura, J. (2003). Optimization of the waste management for construction projects using simulation. *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference* (págs. 1771-1777). Canada: Engineering for the Environment Program, University of Calgary. doi:10.1109/WSC.2002.1166464
9. CTE, C. T. (2006). *Documento Basico SU - Seguridad de utilizacion*. Barcelona.
10. Cype Ingenieros. (s.f.). Recuperado el Diciembre de 2015, de Cype Ingenieros: <http://www.cype.es/>
11. CYPE Ingenieros S.A. (Enero de 2016). *Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A.* Obtenido de [Generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info): <http://www.generadordeprecios.info/>
12. CYPE Ingenieros, S. S. (Enero de 2016). *Cype.es*. Obtenido de <http://www.cype.es/>
13. de Cusa, J. (1987). *Pavimentos en la construccion*. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.
14. De Santos Marián, D., Monercillo Delgado, B., & García Martínez, A. (2010). *Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*. Madrid: Tornapunta Ediciones, S.L.U.

15. Departament de Medi Ambient, J. d. (1996). *Programa de residuos de la construccion en Catalunya*. Barcelona: Grafiques Manlleu, S.A.
16. Di Costa, A. (2005). *Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RCD)*. Buenos aires, Argentina: CONSTRUIR & DECORAR.
17. Escardino Benlloch, D., González Cudilleiro, D., AICE, A. C., ASCER, A. B., & Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (s.f.). *Azulejos y pavimentos ceramicos españoles*. Valencia.
18. Eurobandas. (Abril de 2002). *Eurobandas S.A. – The Granite Tile Company*. Obtenido de <http://www.eurobandas.com/usos-y-aplicaciones/#>
19. Fernández Pérez, M., Costal Blanco, J., & Del Campo Domínguez, J. (2004). *Solados con Mortero de Cemento*. España: Ideaspropias.
20. Ferrando Sánchez, M., & Granero Castro, M. (2007). *Gestión y minimización de residuos*. Madrid: Fundacion Confemental.
21. Flores Chang, I., Ortiz, I., Castillo, I., Hernández, I., Payano, L., Méndez, L., . . . Novas, I. (2014). *Política para la gestión integral de residuos solidos municipales (RSM)*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, República Dominicana, Oficina de Proyectos de Residuos Sólidos y Parques Ecológicos Urbanos, Santo Domingo. Obtenido de [www.ambiente.gob.do](http://www.ambiente.gob.do)
22. Franklin Associates;. (1998). *Characterization of Building-related Construction and Demolition Debris in the United States*. Prairie Village, Kansas: The U.S. Environmental Protection Agency Municipal and Industrial Solid Waste Division Office of Solid Waste.
23. Garcia, A. L. (Mayo de 2004). *ARQHYS*. Recuperado el Diciembre de 2015, de Arquitectura, decoración & hogar: [www.arqhys.com](http://www.arqhys.com)
24. Generalitat de Catalunya. (2007). *Agència de Residus de Catalunya*. Obtenido de [http://residus.gencat.cat/es/ambits\\_dactuacio/tipus\\_de\\_residu/runes\\_i\\_altres\\_residus\\_de\\_la\\_construccio/](http://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/tipus_de_residu/runes_i_altres_residus_de_la_construccio/)
25. Gómez Soberón, J., Gómez Soberón, M., Cabrera Covarrubias, F., Corral Higuera, R., Gámez García, D., Guerrero Díaz, A., & Gómez Soberón, L. (s.f.). Evaluación de residuos como criterio comparativo de materiales para edificación. *EESAP*, (págs. 1-18). Barcelona.
26. HomeFit. (Marzo de 2012). *HomeFit*. Obtenido de <http://homefit-reformas.blogspot.com.es/2012/03/suelos-de-madera-i-tarima-enrastrelada.html>
27. Kofowoeola, O., & Gheewala, S. (Febrero de 2009). Estimation of construction waste generation and management in Thailand. *Waste Management*, 29, págs. 731-738. doi:10.1016/j.wasman.2008.07.004
28. Llatas Oliver, C., Huete Fuertes, R., & Ramírez, L. (2010). Una aproximación metodológica a la verificación en obra de la cuantificación de residuos de contrucción en Andalucía. *SB10mad, Sustainable Building Conference*, (pág. 12). Madrid.

29. López González-Mesones, F., Núñez Duro, N., & (FCTGG)., F. C. (2013). *Guía para el diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos interiores de piedra natural*. Madrid: Ideaspropias Editorial, Vigo, 2013.
30. Manuel, G.-S. J., Paola, A.-R. S., Ramón, C.-H., Alberto, G.-S. L., Consolación, G.-S. M., & Ángel, E.-D. M. (2011). ESTUDIO DE LOS TIPOS DE RESIDUOS PRODUCIDOS EN TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS. DETERMINACIÓN Y COTEJO. *II Congreso Internacional de Cambios Climáticos de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, (págs. 1-22). La Habana, Cuba.
31. Ministerio de Fomento / Secretaría de Estado de Infraestructuras, T. y. (2014). *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-SUA Seguridad de utilización y accesibilidad*. Barcelona.
32. Ortiz, O., Pasqualino, J., & Castells, F. (Noviembre de 2009). Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. *Waste Management*, págs. 646-654.
33. Quemada, H. P. (s.f.). *Hermanos Prados Quemada, S.L. - Canteras y aserrados de granito*. . Obtenido de <http://www.pradosquemada.com/granito.htm>
34. Regas Arimany, F. (2002). *Guía del terrazo: Proyecto y puesta en obra. Control de Calidad*. Barcelona: Cemex España.
35. Regas, I. J., Bolaños, A., & Architectonic Concrete, S.L. (2003). *Guía de terrazo: Soluciones para interior y exterior*. Barcelona: Sol 90.
36. Reinhart, D., Townsend, T., Heck, H., Chakrabarti, S., Cochran, K., & Medeiros, S. (2003). Project Summary: Generation and composition of construction and demolition waste in florida. *Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management*, pág. 123.
37. Roig, A. M., Riquelme, B. S., & Guillen, J. P. (s.f.). *COMPARATIVA DE MATERIALES EN PAVIMENTOS Y ADECUACIÓN AL USO*. Castellon: Universitat Jaume I.
38. Ruiz, G. (Noviembre de 2008). *Ficha Técnicas*. Obtenido de Terrazos Ruiz, S.A.
39. Soberón, D., Corral Higuera, D., Arredondo Rea, D., Gómez Soberón, D., Gómez Soberón, M., & Guerrero Díaz, I. (2011). Evaluación de residuos como criterio comparativo de procesos constructivos. *II JORNADAS EUROPEAS SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN LA ARQUITECTURA Y EL URBANISMO*, (pág. 1). San sebastian.
40. Sweett, C. (2008). *Reference guide NET WASTE TOOL Version 1.1*. Banbury, Oxford: The Waste & Resources Action Programme.
41. VANITECH. (2016). *VANITECH, LAMINATE FLOORING*. Obtenido de Techos, Suelos, Paneles y Revestimientos: <http://www.vanitech.eu/es/suelo-laminado.html>
42. Villoria Sáez, P., Del Río Merino, M., & San-Antonio-González, A. (s.f.). *EVOLUCIÓN DEL FLUJO DE RESIDUOS GENERADOS EN OBRAS DE EDIFICACION RESIDENCIAL*. Madrid.

43. Wang, J., Touran, A., Christoforou, C., & Fadlalla, H. (2004). A systems analysis tool for construction and demolition wastes management. *Waste Management*, 24, págs. 989-997. doi:10.1016/j.wasman.2004.07.010.
44. Woodmagik. (2015). *Woodmagik*. Obtenido de Suelos de madera: <http://woodmagik.es/tarima-tradicional/>
45. WRAP. (Noviembre de 2015). *WRAP - Waste & Resources Action Programme*. Obtenido de <http://www.wrap.org.uk/>
46. Yost, P., & Halstead, J. (1996). A methodology for quantifying the volume of construction waste. *Waste Management & Research*, 14(5), págs. 453-461.
47. Zamora. (23 de Febrero de 2009). *Construmática Servicios de Información Profesional, S.L.* Recuperado el Diciembre de 2015, de Construmatica.com: [http://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Materiales\\_de\\_Construcci%C3%B3n\\_de\\_Interiores](http://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Materiales_de_Construcci%C3%B3n_de_Interiores)